



# 雙溪高中 太陽電池DIY體驗營

華梵大學 電子工程學系  
副教授 陳淮義

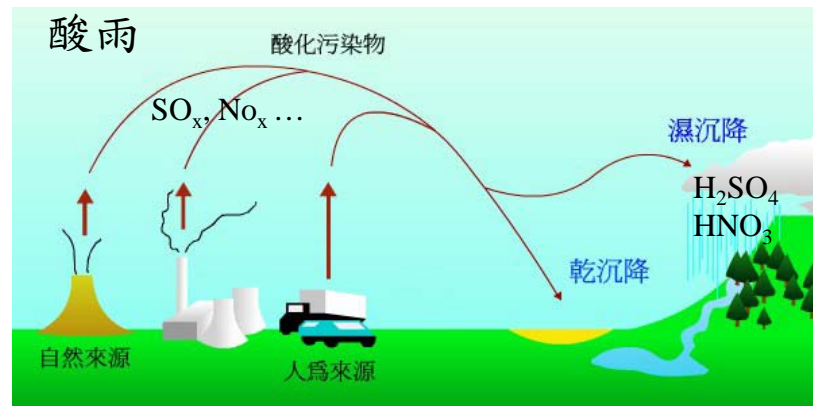
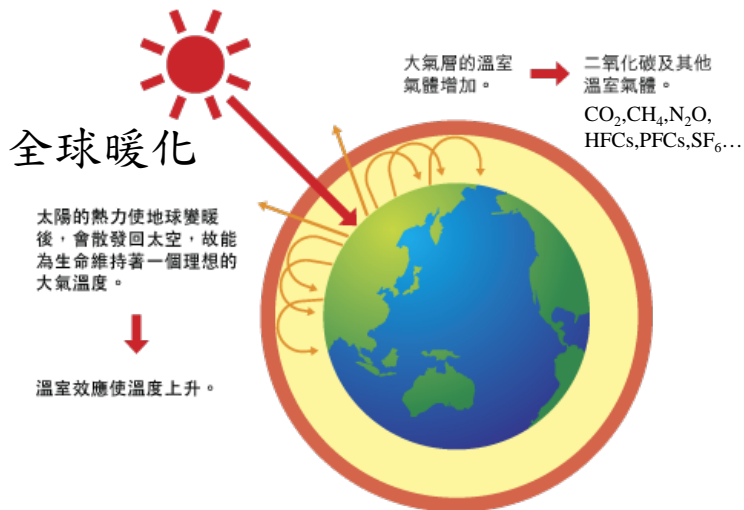
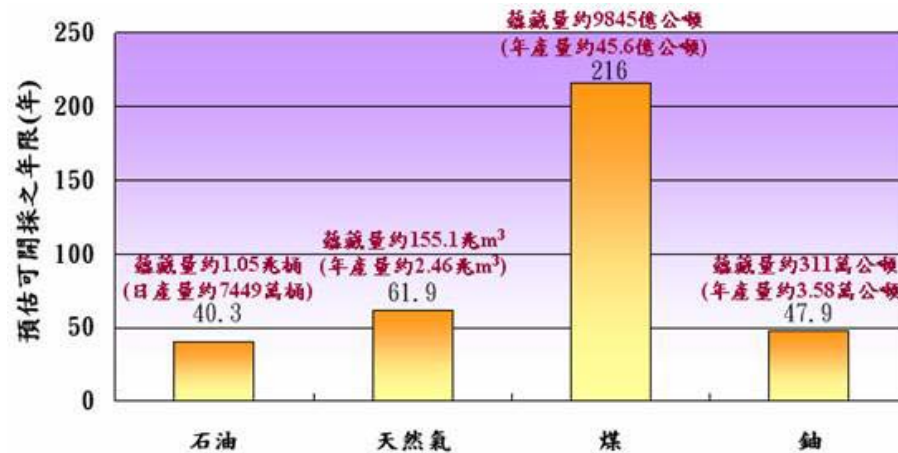
2010年11月2日

## 內容大綱

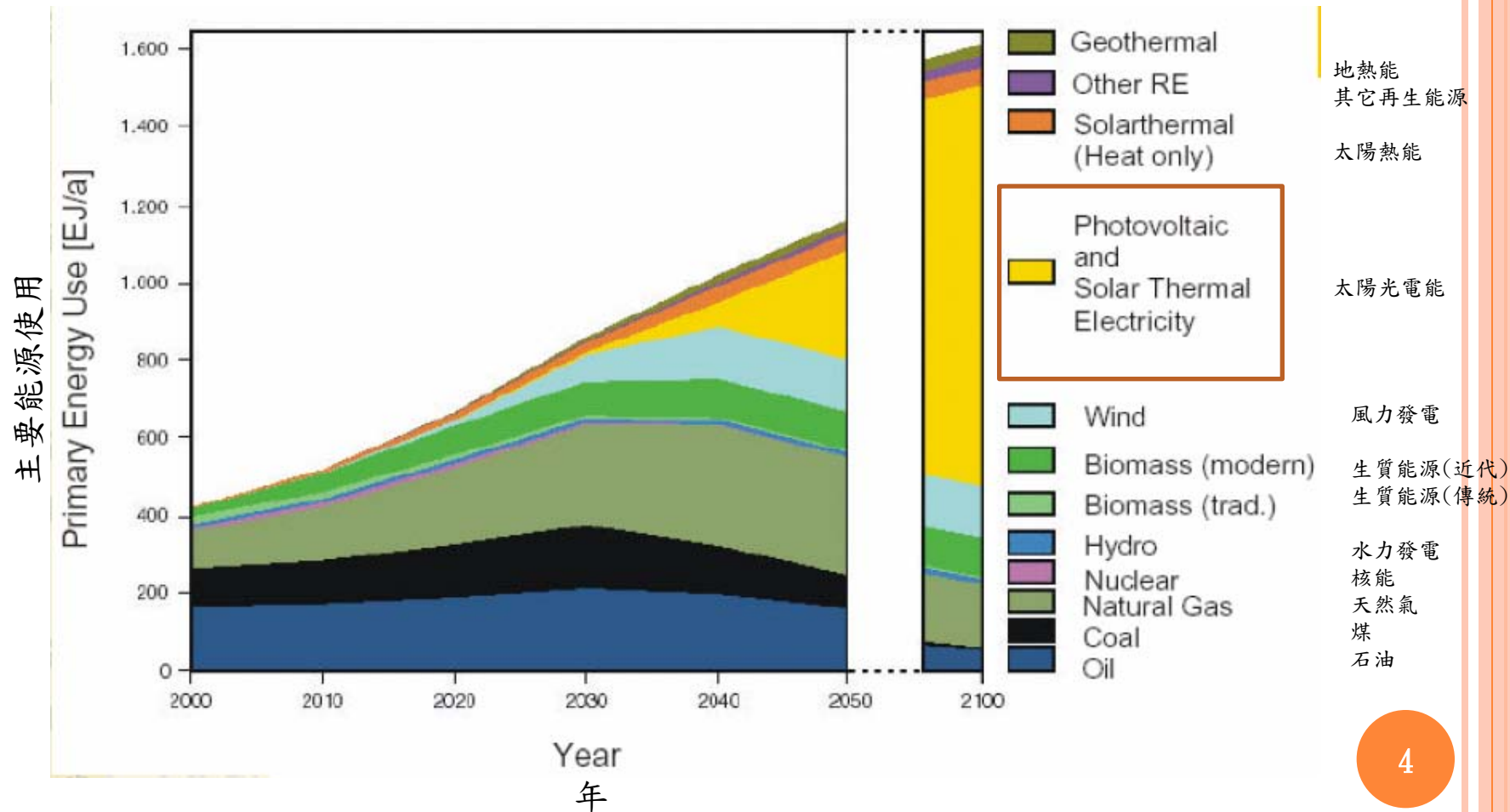
- 世界能源存量及氣候暖化
- 能源需求預測
- 再生能源發展趨勢
- 太陽電池種類
- 太陽電池應用
- 矽半導體材料
- 矽基太陽電池相關特性講述
- 太陽光電系統介紹
- 太陽電池光電發電系統實驗



## 世界能源存量及氣候暖化



## 能源需求預測



## 再生能源發展趨勢



### ○ 京都議定書

- 1997年通過，要求工業國家最遲在2012年之前，將導致地球暖化的CO<sub>2</sub>及其他5種廢氣（CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs與SF<sub>6</sub>）排放量降低到比1990年時低**5.2%**的水準。
- 2005年2月16日生效，要求工業國家降低CO<sub>2</sub>排放量。



### ○ 哥本哈根會議

- 2009年底召開，希望**全球暖化升溫**應控制在**攝氏2度**以內，環境大氣中的**碳濃度**應維持在**350 ppm**，各國需在2010年2月1日前闡明2020年前減排目標。

### ○ 傳統能源發電之平均CO<sub>2</sub>排放量530噸/GWh

### ○ **太陽光電發電製造之CO<sub>2</sub>排放量僅5噸/GWh**



## 太陽電池種類

### ○ 無機太陽電池

- 矽半導體型

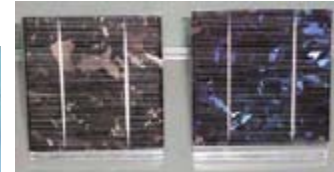
- 非晶矽, 單晶矽, 多晶矽, 微晶矽

- 化合物半導體型

- 二六族: CdTe, CdS...

- 三五族: GaAs, InP, InGaP, AlInGaN...

- 一三五族: CIGS [Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>]

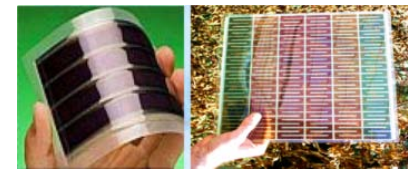


### ○ 有機太陽電池

- 染料敏化型(DSSC: dye-sensitized solar cells)

- 全有機半導體型

- 高分子摻混型



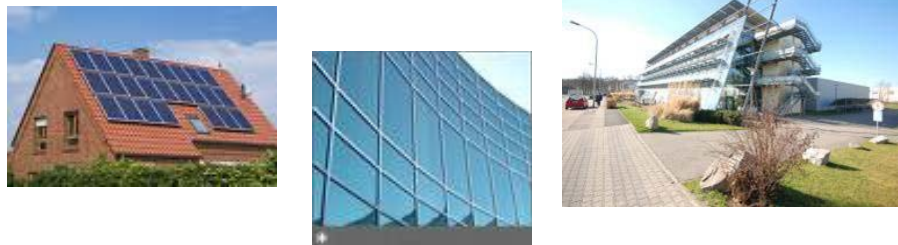


## 太陽電池應用

### 太陽能發電廠



### 都市建築發電系統



### 消費性電子產品



### 公用交通建築



### 交通運輸



### 獨立發電系統



# 化學元素週期表

# 化學元素週期表

元素中文名稱  
說明：  
原子序  
元素符號  
原子量

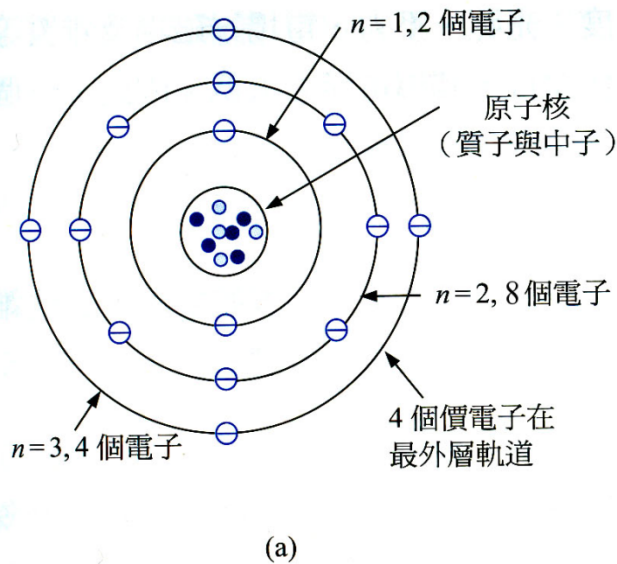
氣體-藍色  
惰性氣體-綠色  
金屬固體-黃色  
非金屬固體-紫色  
液體-白色  
人造元素-橘色

	IA																VIIIA				
1	1 氫 H 1.008																2 氦 He 4.00				
	IIA												IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA				
2	3 鋰 Li 6.94	4 鈹 Be 9.01											5 硼 B 10.81	6 碳 C 12.01	7 氮 N 14.01	8 氧 O 16.00	9 氟 F 19.00	10 氖 Ne 20.2			
3	11 鈉 Na 22.99	12 鎂 Mg 24.31											13 鋁 Al 26.98	14 矽 Si 28.1	15 磷 P 31.0	16 硫 S 32.1	17 氯 Cl 35.5	18 氬 Ar 39.9			
4	19 鉀 K 39.1	20 鈣 Ca 40.08	21 鈦 Ti 47.9	22 鈦 Ti 47.9	23 鈦 Ti 47.9	24 鈦 Ti 47.9	25 鈦 Ti 47.9	26 鈦 Ti 47.9	27 鈦 Ti 47.9	28 鈦 Ti 47.9	29 鈦 Ti 47.9	30 鈦 Ti 47.9	31 鋁 Ga 69.7	32 鍺 Ge 72.6	33 砷 As 74.9	34 硒 Se 79.0	35 溴 Br 79.9	36 氪 Kr 83.8			
5	37 鉀 Rb 85.5	38 銻 Sr 87.6	39 鉀 Y 88.9	40 銻 Zr 91.2	41 銻 Nb 92.9	42 銻 Mo 95.9	43 銻 Tc (99)	44 銻 Ru 101.1	45 銻 Rh 102.9	46 銻 Pd 106.4	47 銻 Ag 107.9	48 銻 Cd 112.4	49 銻 In 114.8	50 銻 Sn 118.7	51 銻 Sb 121.8	52 銻 Te 127.6	53 銻 I 126.9	54 銻 Xe 131.3			
6	55 銻 Cs 132.9	56 銻 Ba 137.3	57-71 銻系元素				72 銻 Hf 178.5	73 銻 Ta 180.9	74 銻 W 183.9	75 銻 Re 186.2	76 銻 Os 190.2	77 銻 Ir 192.2	78 銻 Pt 195.1	79 銻 Au 197.0	80 銻 Hg 200.6	81 銻 Tl 204.4	82 銻 Pb 207.2	83 銻 Bi 209.0	84 銻 Po (210)	85 銻 At (210)	86 銻 Rn (222)
7	87 銻 Fr (223)	88 銻 Ra (226)																			
	銻系元素		57 銻 La 138.9	58 銻 Ce 140.1	59 銻 Pr 140.9	60 銻 Nd 144.2	61 銻 Pm (147)	62 銻 Sm 150.4	63 銻 Eu 152.0	64 銻 Gd 157.3	65 銻 Tb 158.9	66 銻 Dy 162.5	67 銻 Ho 164.9	68 銻 Er 167.3	69 銻 Tm 168.9	70 銻 Yb 173.0	71 銻 Lu 175.0				
	銻系元素		89 銻 Ac (227)	90 銻 Th 232.0	91 銻 Pa (231)	92 銻 U 238.0	93 銻 Np (237)	94 銻 Pu (242)	95 銻 Am (243)	96 銻 Cm (247)	97 銻 Bk (247)	98 銻 Cf (251)	99 銻 Es (254)	100 銻 Fm (253)	101 銻 Md (256)	102 銻 No (254)	103 銻 Lr (257)				

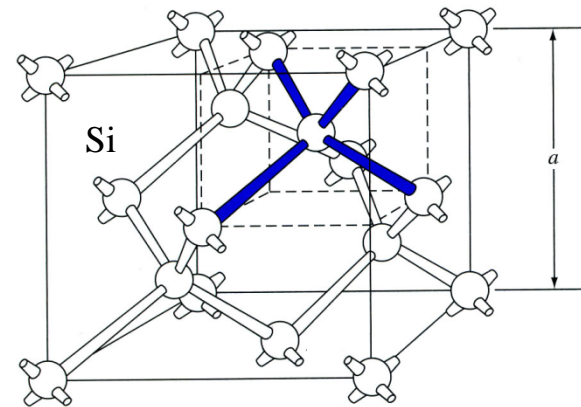


# 矽原子結構與晶體鍵結

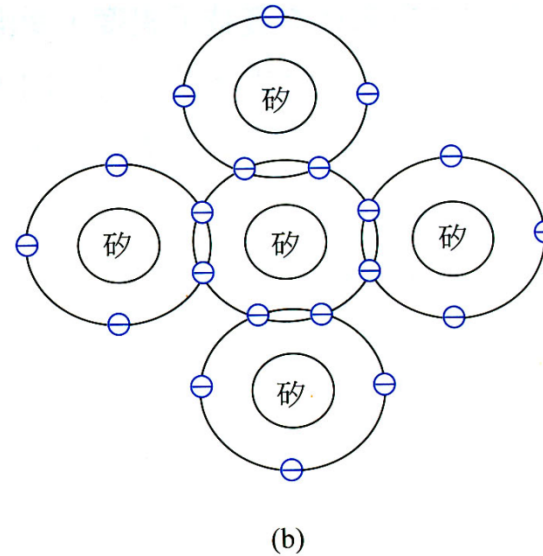
矽原子序：14



矽原子電子結構



三維矽晶體共價鍵結

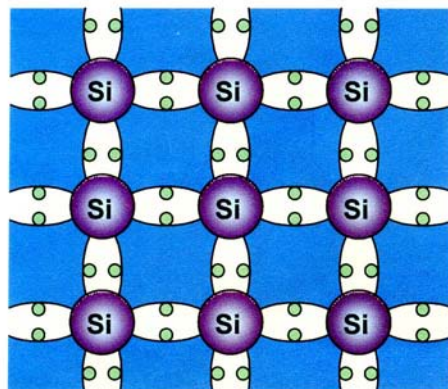


二維矽晶體共價鍵結

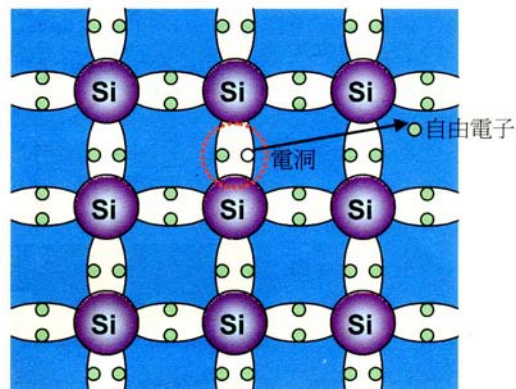
# 半導體型別介紹

四A族元素  
Si(矽)或 Ge(鍺)

I 型半導體(本質半導體)



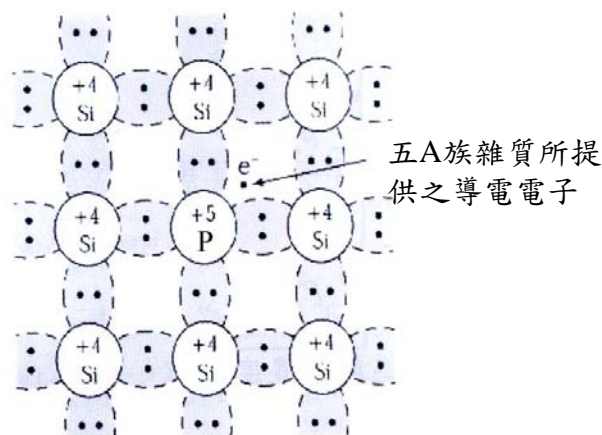
(a)



(b)

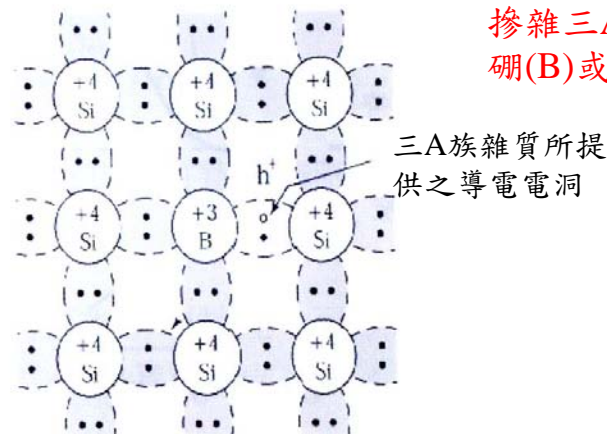
本質半導體  
摻雜五A族  
元素磷(P)或  
砷(As)

N 型半導體

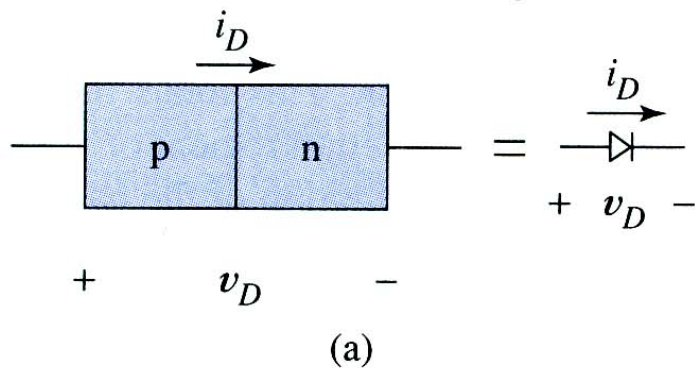
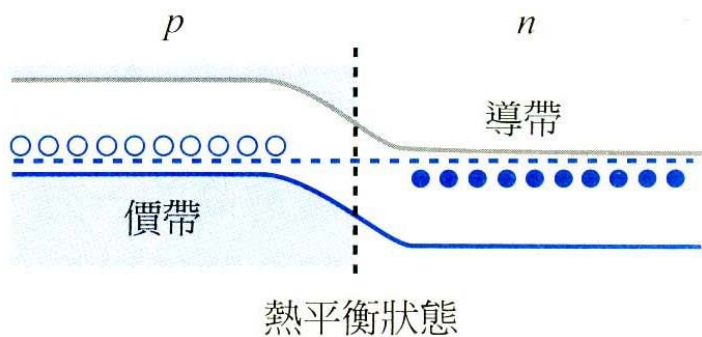


P型半導體

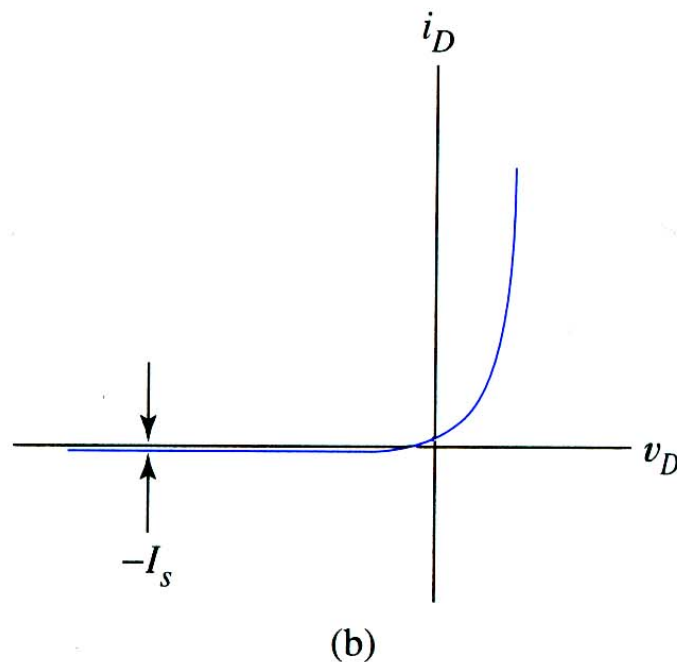
本質半導體  
摻雜三A族元素  
硼(B)或 鎵(Ga)



# P-N 二極體

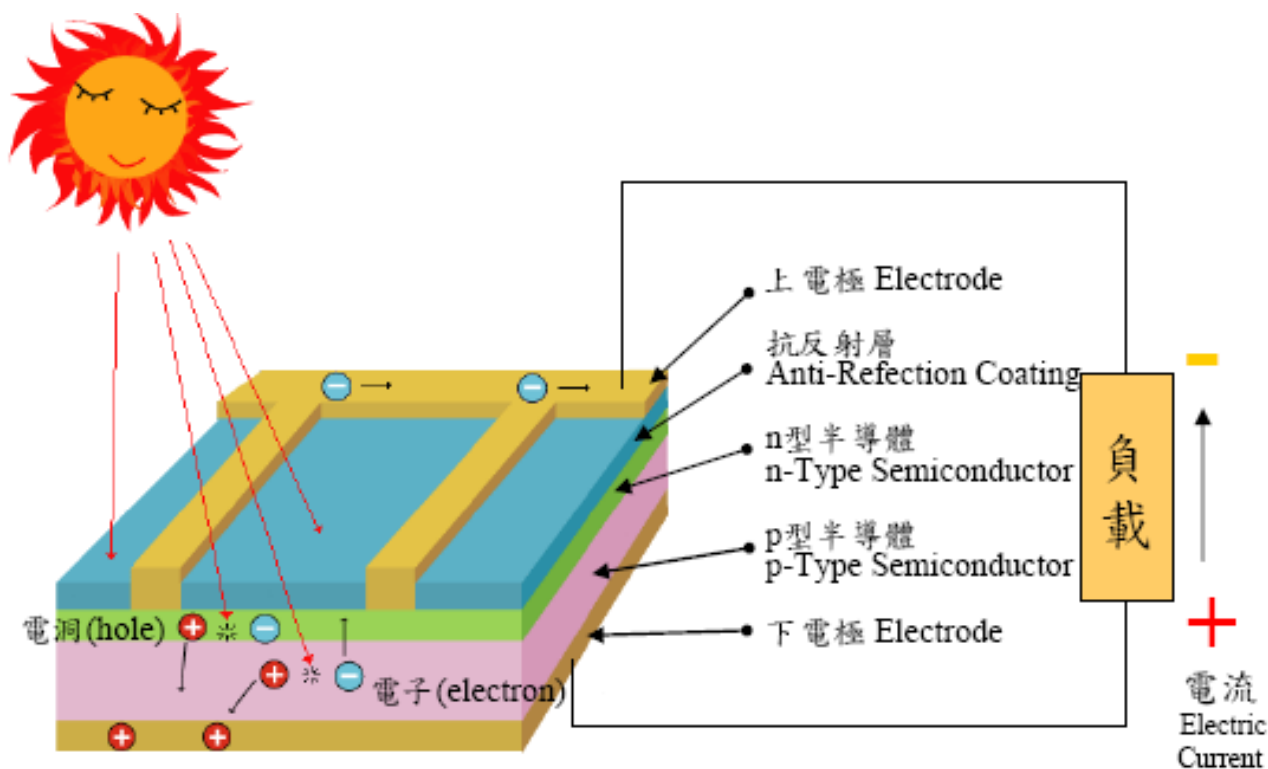


P-N二極體實體結構與電路符號



P-N二極體電流-電壓特性

## 矽基太陽電池構造與發電原理

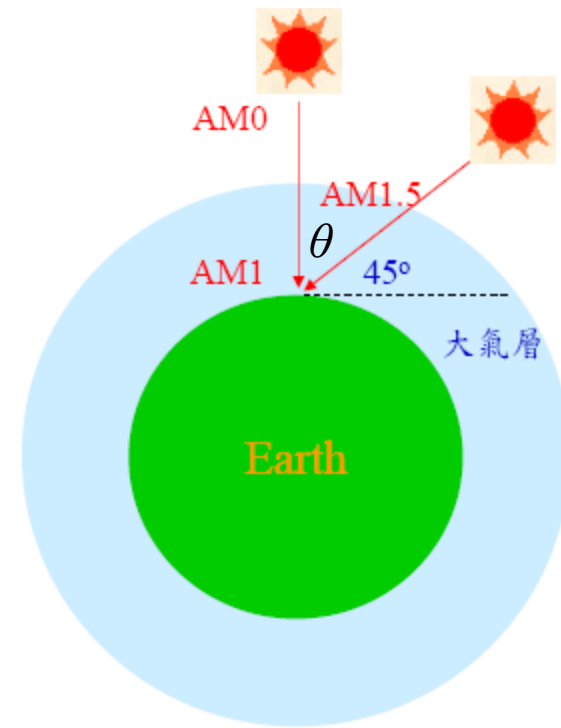
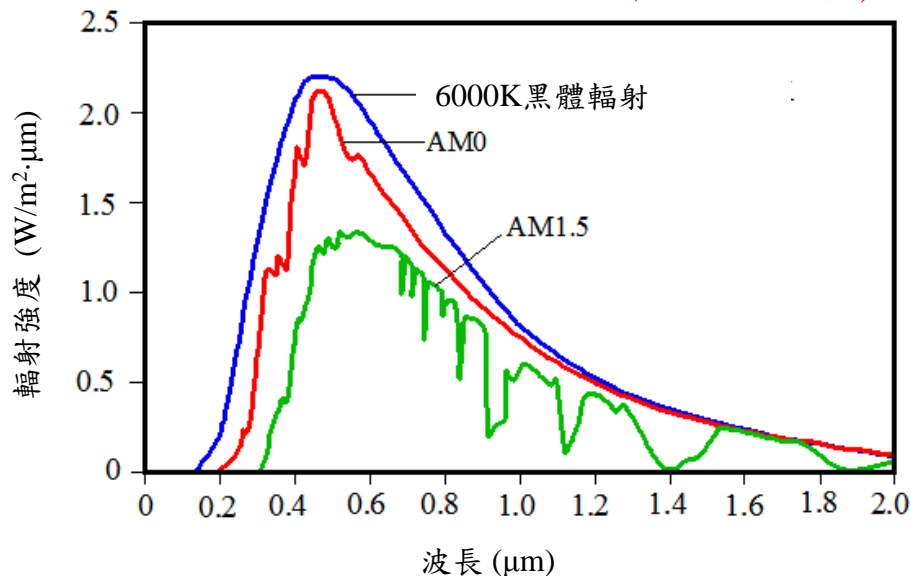


# 太陽光譜

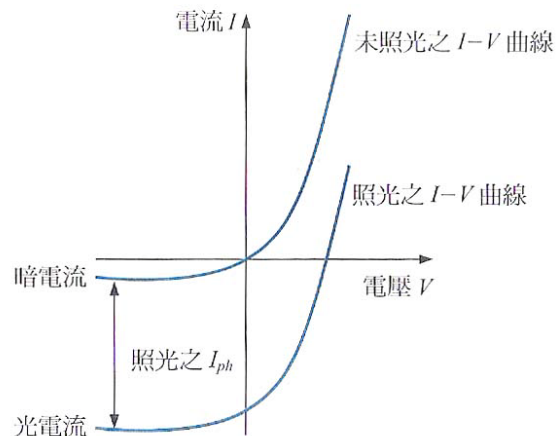
AM (air mass; 空氣質量): 不同的空氣質量代表不同的太陽光譜

- AM0 (於外太空中, 未穿過大氣層)  $\sim 1400 \text{ W/m}^2$
- AM1 ( $\sec\theta = 1 \Rightarrow \theta = 0^\circ$ )  $\sim 1000 \text{ W/m}^2$
- AM1.5 ( $\sec\theta = 1 \Rightarrow \theta = 45^\circ$ )  $\sim 844 \text{ W/m}^2$

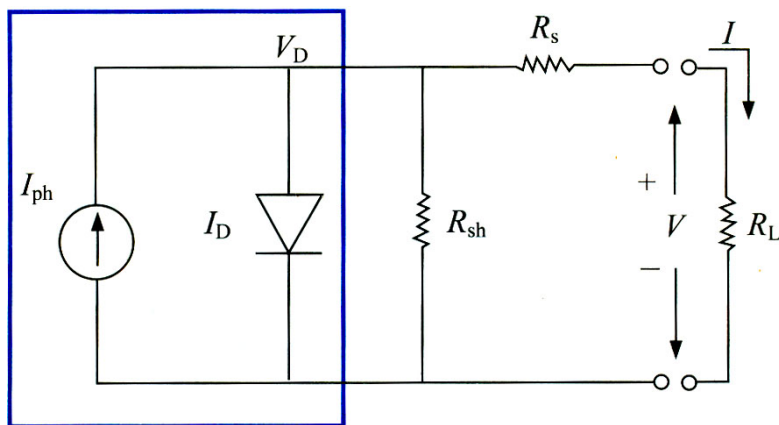
♣ AM1.5  $1000 \text{ W/m}^2$  (IEC 891, IEC904-1  
非自然光源)



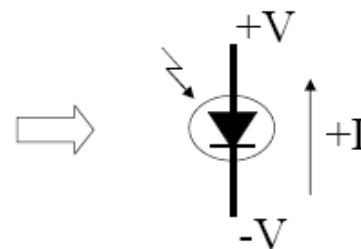
# 太陽電池電氣特性與等效電路



照光狀況下，太陽能電池所產生光電流之電壓－電流曲線



太陽電池等效電路

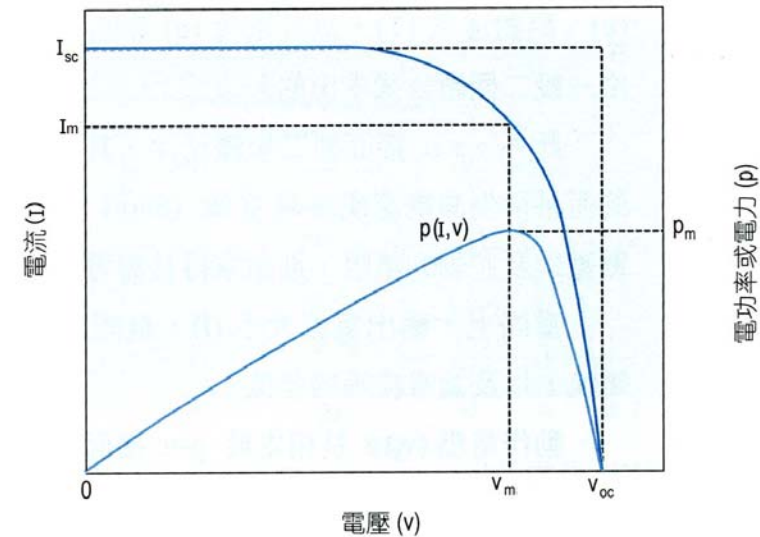
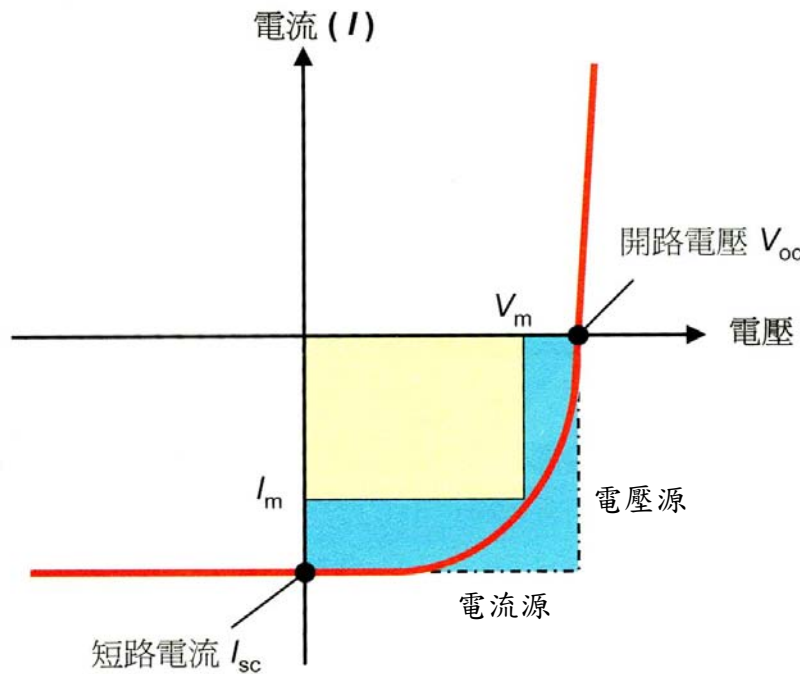


太陽電池常用電路符號



# 太陽電池電流-電壓特性

\* 太陽電池開路與短路時均不會燒毀



$P_m$ : 最大輸出電功率     $V_{oc}$ : 開路電壓  
 $I_{sc}$ : 短路電流

## 太陽電池效率相關參數

### ○ 能量轉換效率( $\eta$ )

- 進入太陽電池的入射光功率( $P_{in}$ )與太陽電池之最大輸出電功率( $P_m$ )的百分比值

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} \times 100\% = \frac{V_m \times I_m}{P_{in}} \times 100\% = \frac{V_m \times I_m}{A_c \times E} \times 100\%$$

$E$ : 標準條件下的日照輻射量( $\text{W/m}^2$ )，一般 $E \sim 1000 \text{ W/m}^2$

$A_c$ : 太陽電池面積

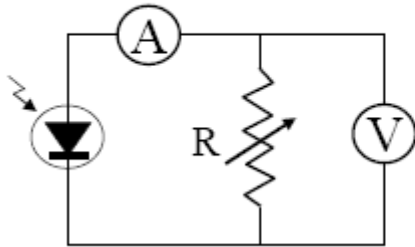
### ○ 填充因子(FF: filling factor)

$$FF = \frac{P_m}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{\eta \times A_c \times E}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

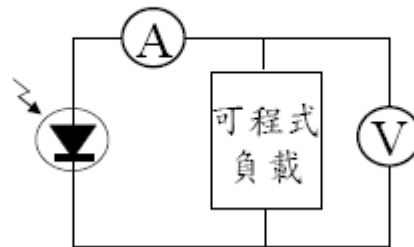
## 太陽電池電流-電壓特性曲線測量法

- 光源：使用鎢絲燈、氙燈、太陽光模擬器或太陽光

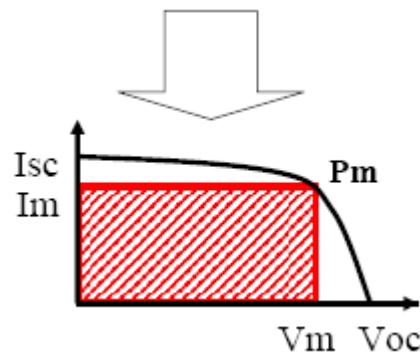
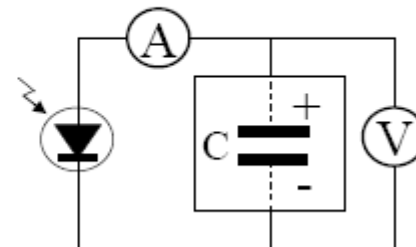
$P_m < \text{few } 10 \text{ W}$



$P_m < \text{few } 100 \text{ W}$

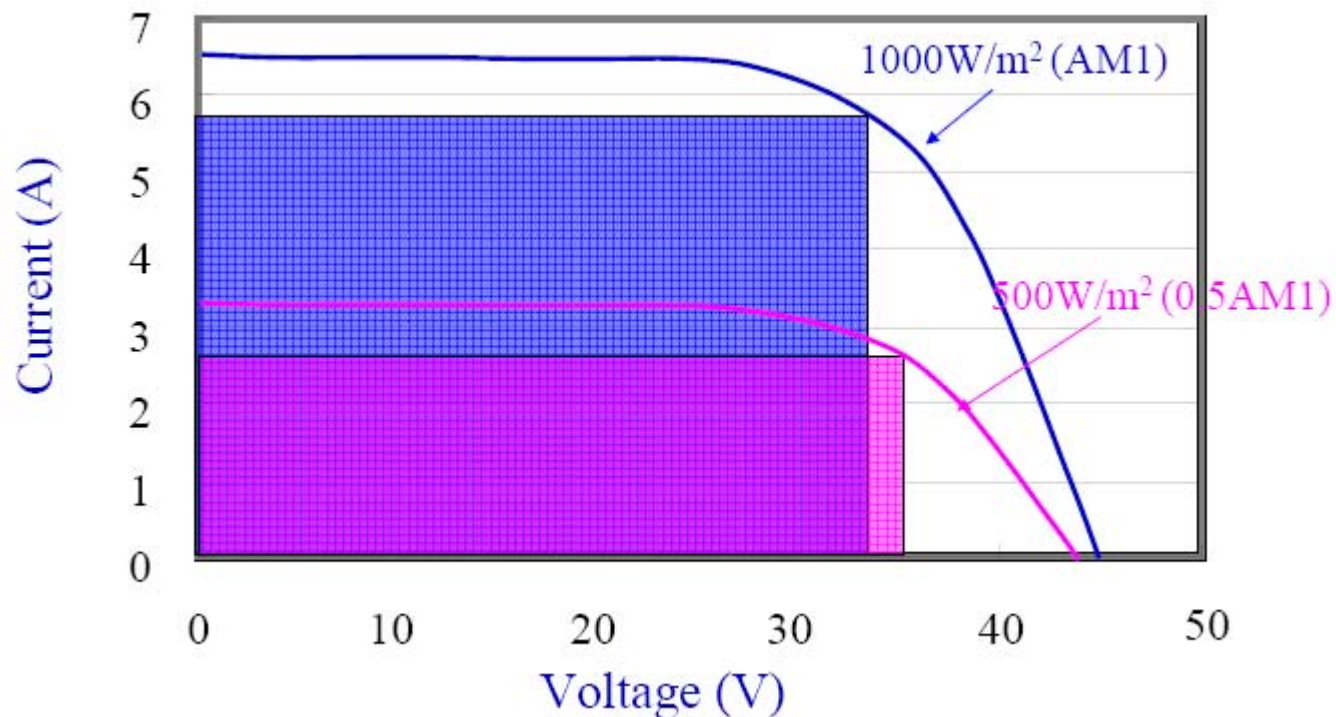


$P_m < 100 \text{ kW}$



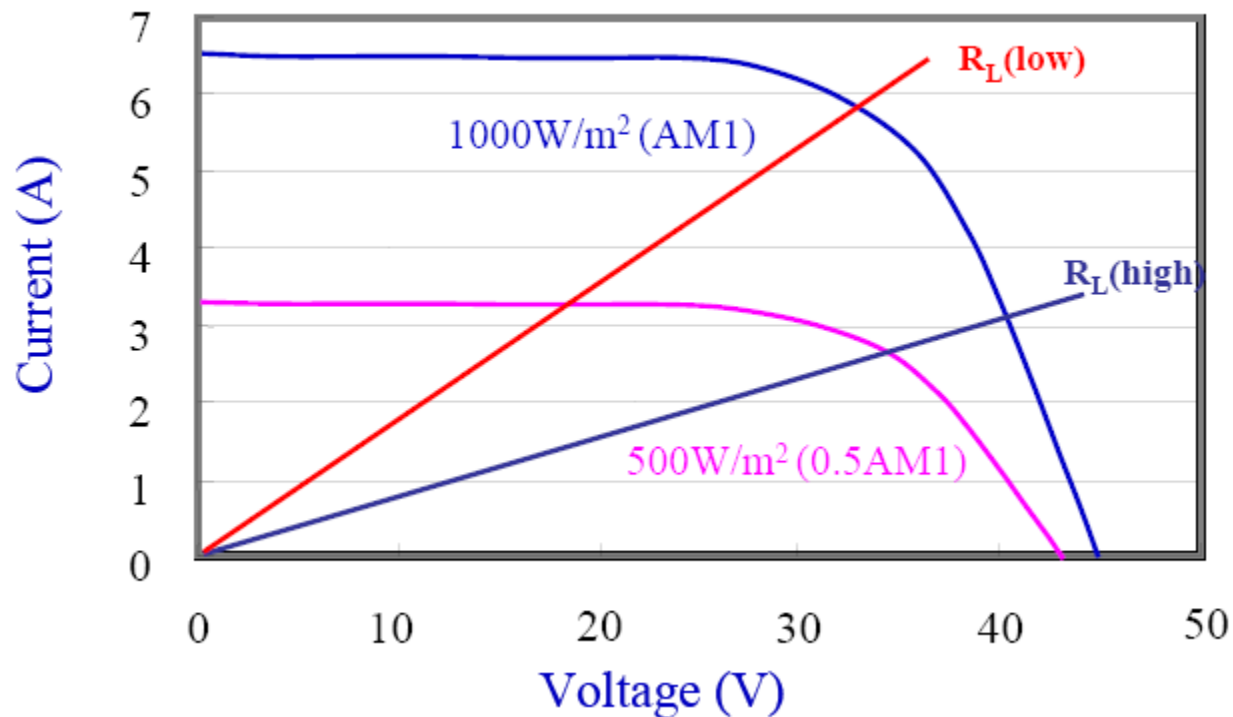
## 不同日照強度下太陽電池之電流-電壓特性曲線

- 太陽電池最大輸出功率隨日照強度而變，並非恆等於額定值。



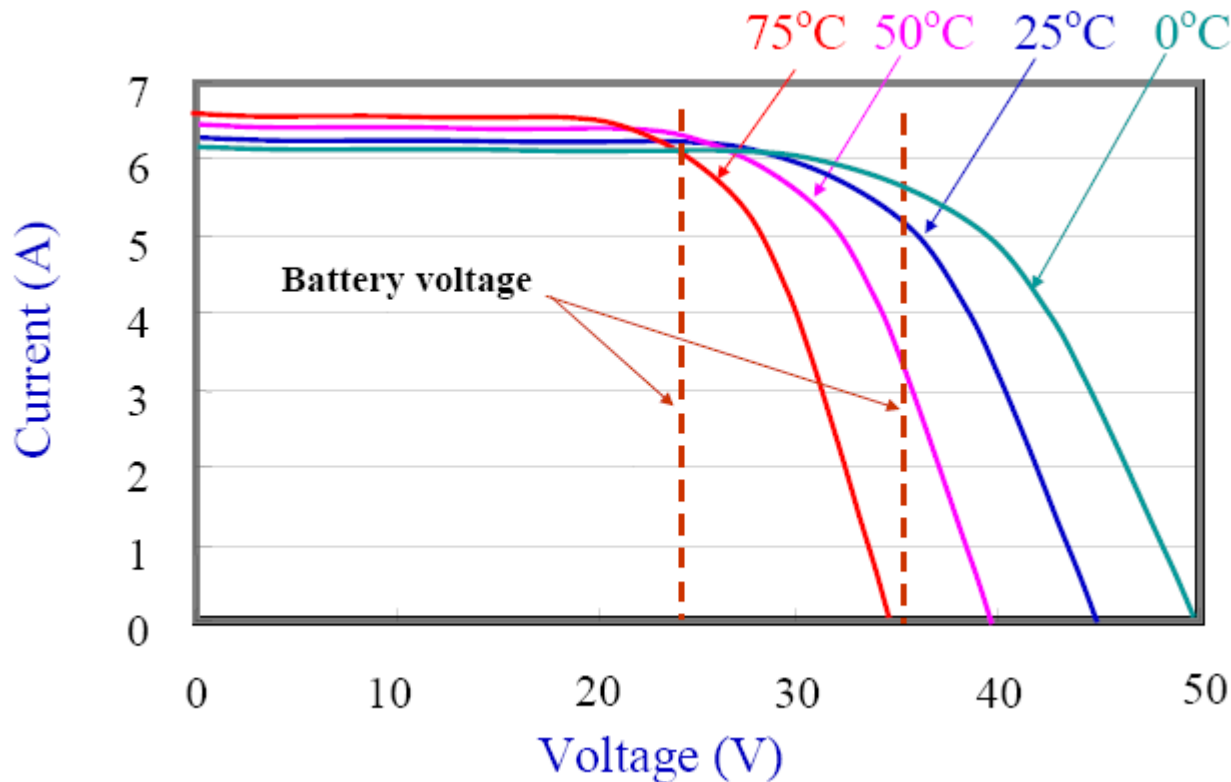
## 日照變化下太陽電池之動態負載匹配

- 高效率太陽發電系統需具備最大功率追蹤功能。



## 不同溫度下太陽電池之電流-電壓特性曲線

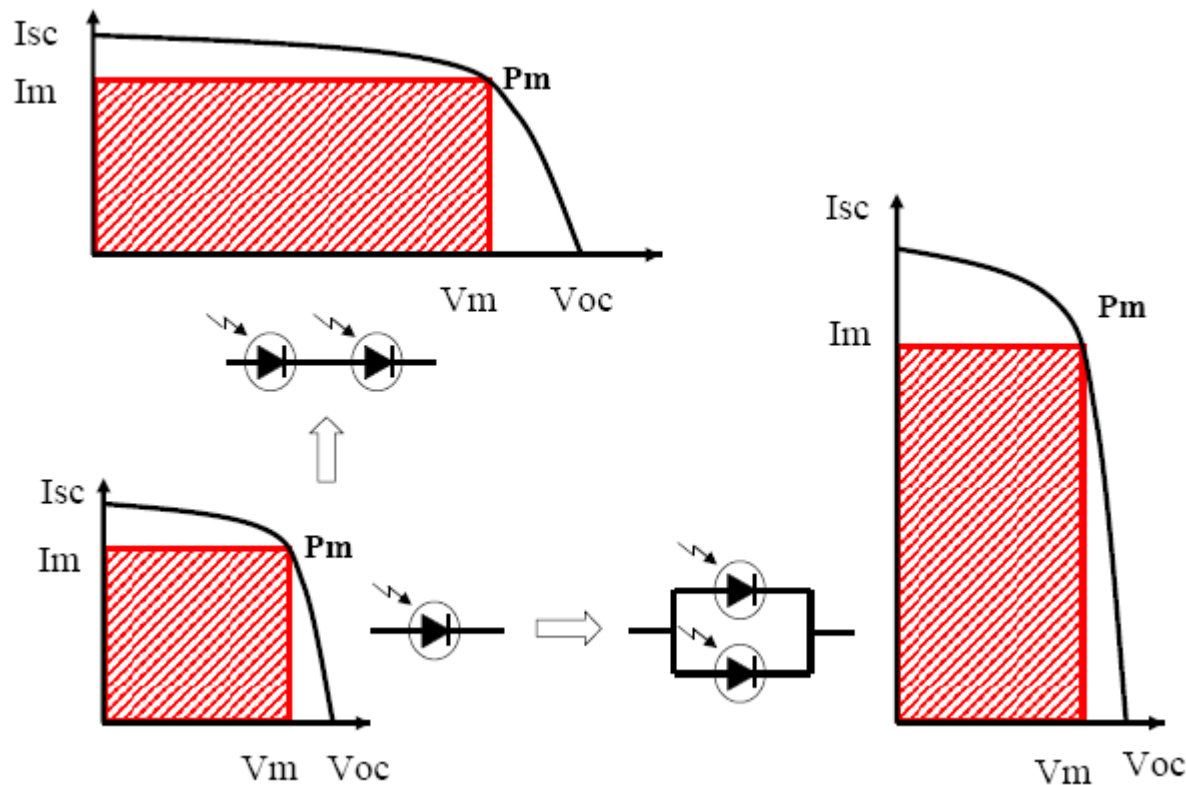
- 太陽電池溫度升高時，輸出電壓與最大輸出功率降低。





## 太陽電池之串、並聯

- 利用太陽電池串、並聯構成模組，提供所需的工作電壓與電流。



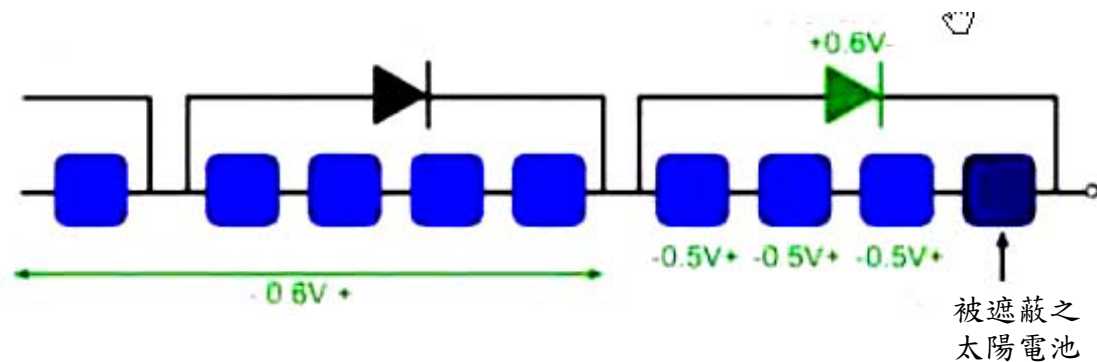
## 太陽電池之遮蔽效應

### ○ 熱斑效應

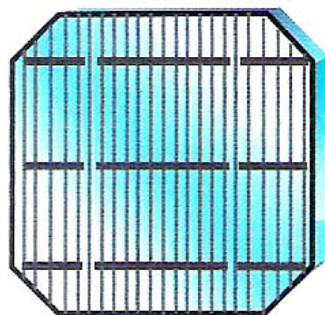
- 一串聯支路中被遮蔽的太陽電池組件，將被當作負載而消耗其他有光照太陽電池所產生的能量。被遮蔽的太陽電池組件此時會發熱，此即熱斑效應。

### ○ 旁路二極體

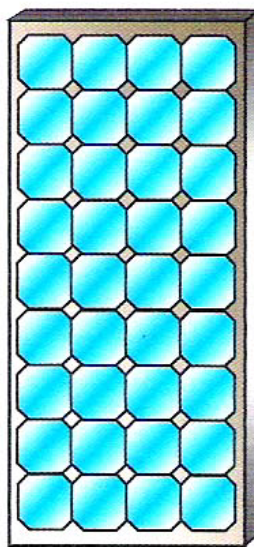
- 並聯在太陽電池組件正負極兩端，可防止太陽電池受熱斑效應破壞。
- 當電池片出現熱斑效應不能發電時，起旁路作用，讓其它電池片所產生的電流從二極體流出，使太陽能發電系統繼續發電。



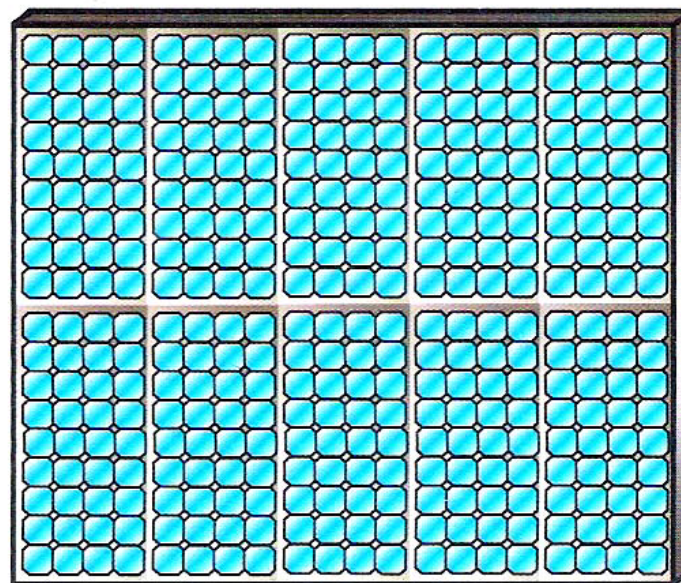
## 太陽電池、模組與陣列



電池(cell)



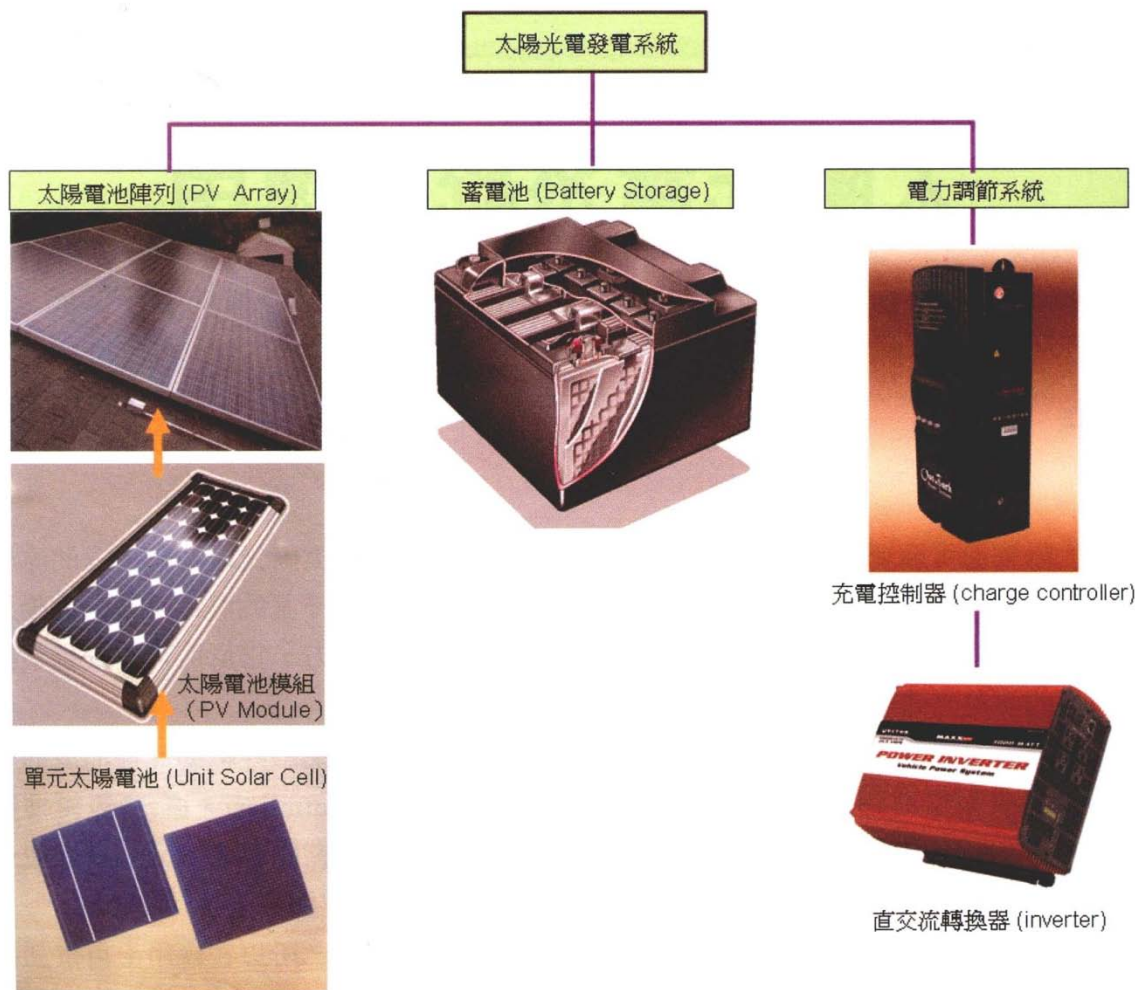
模組(Module)



陣列(Array)

電池(Cell)、模組(Module)、及陣列(Array)之相關性之示意圖

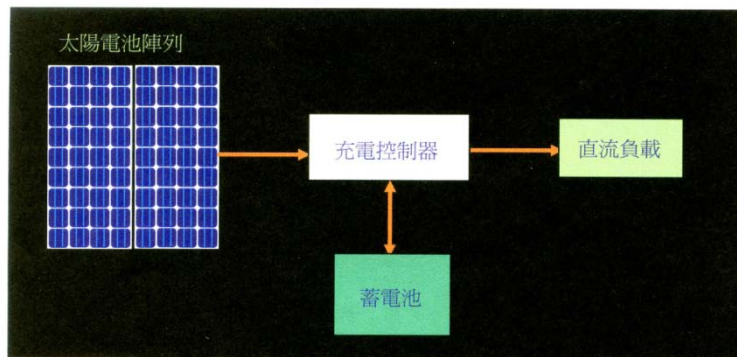
## 太陽光電系統之組成



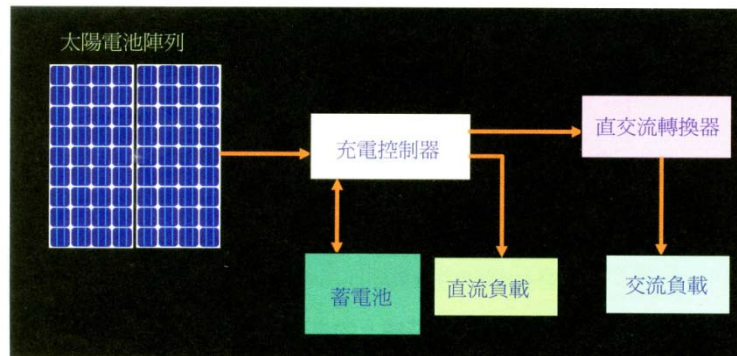


## 太陽光電系統之種類(1/3)

### ○ 獨立型太陽光電系統



(a) 供應直流負載之獨立型系統

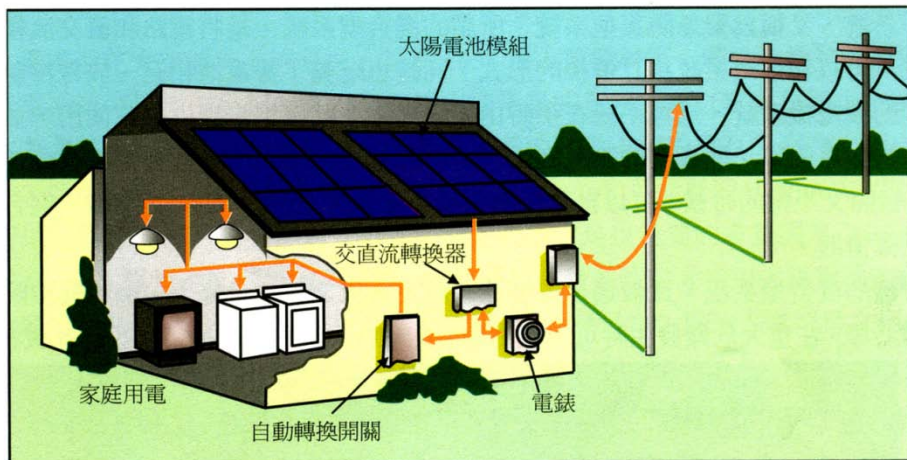


(b) 供應直/交流負載之獨立型系統



## 太陽光電系統之種類(2/3)

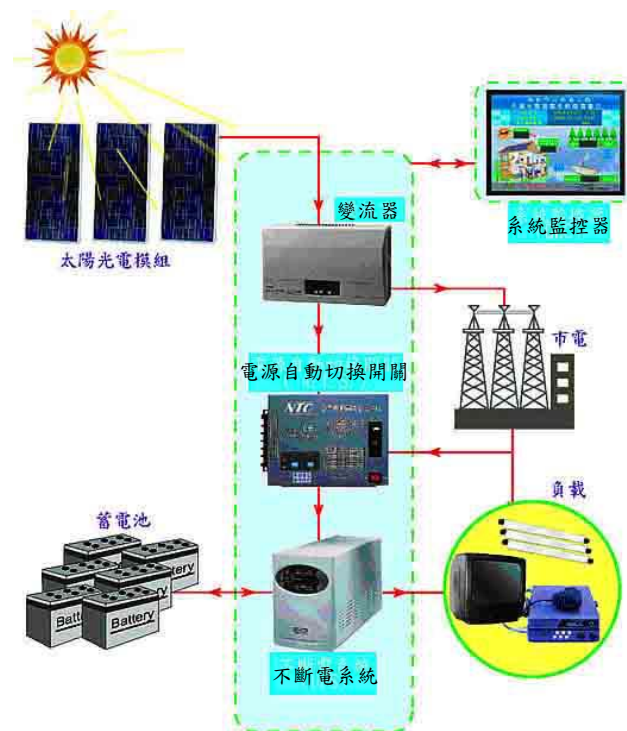
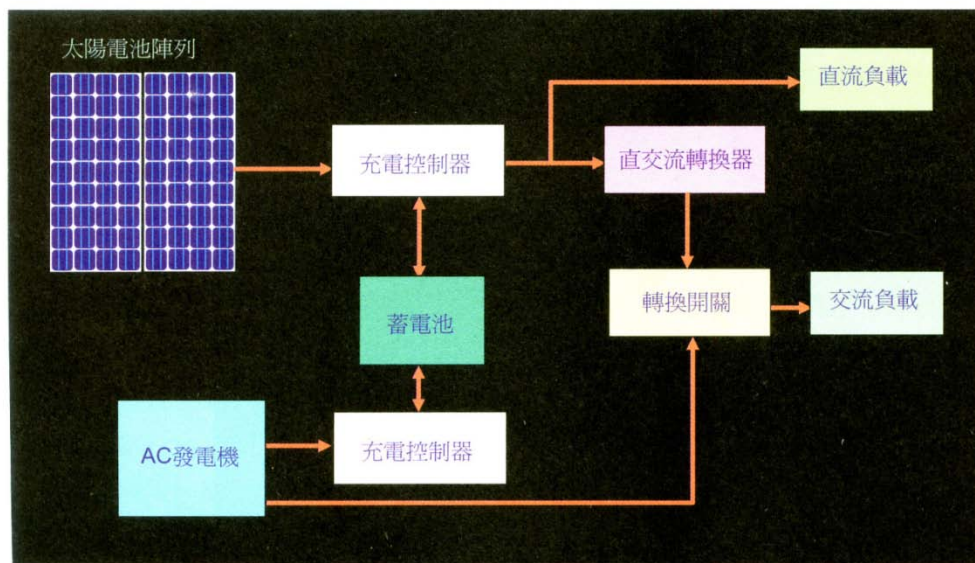
### 市電併聯型太陽光電系統





## 太陽光電系統之種類(3/3)

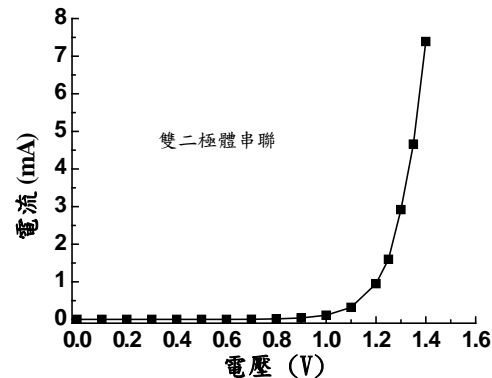
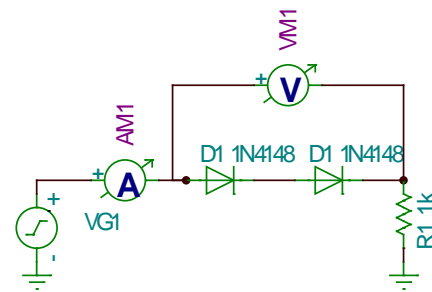
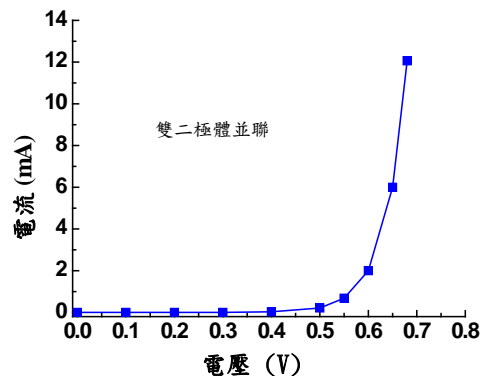
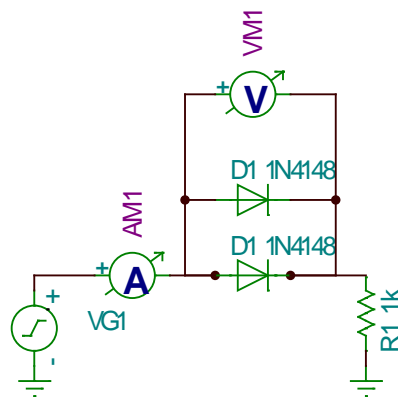
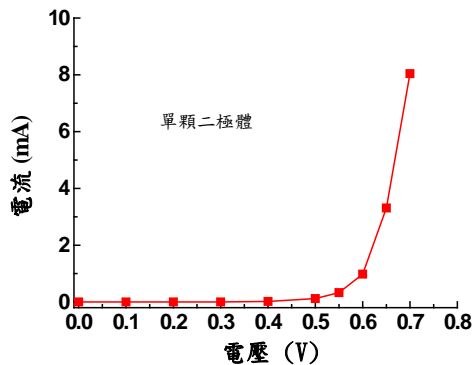
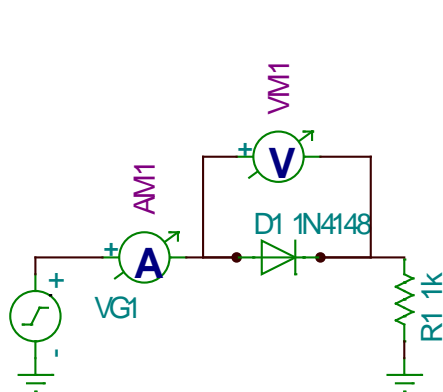
### ○ 混合型太陽光電系統 ～緊急防災型系統



# 太陽電池光電發電系統實驗(1/7)

## ○ 實驗一

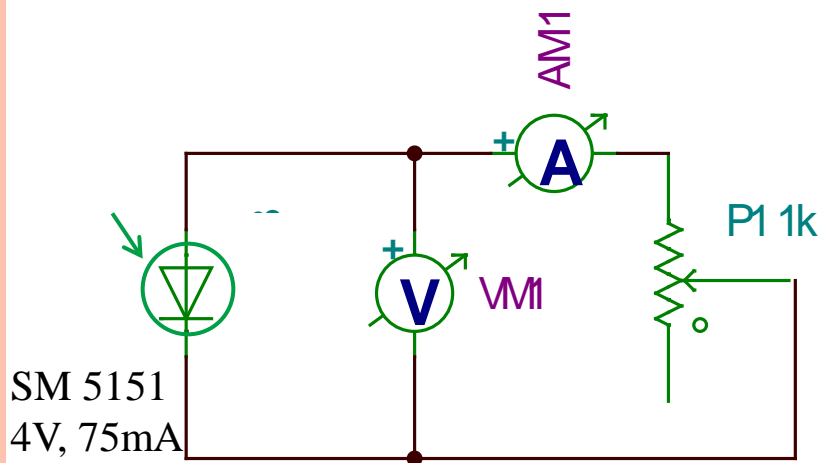
二極體及其串、並聯連接之電流-電壓特性曲線記錄



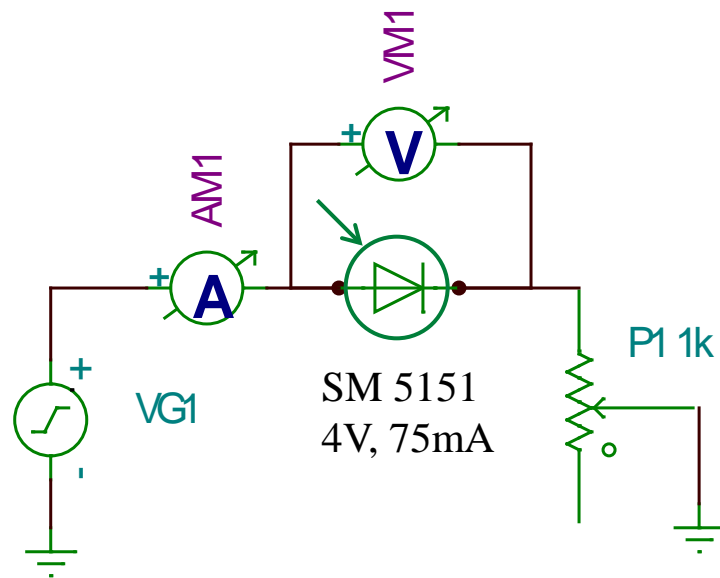
## 太陽電池光電發電系統實驗(2/7)

### ○ 實驗二

照光與未照光太陽電池之電流-電壓特性曲線記錄



照光

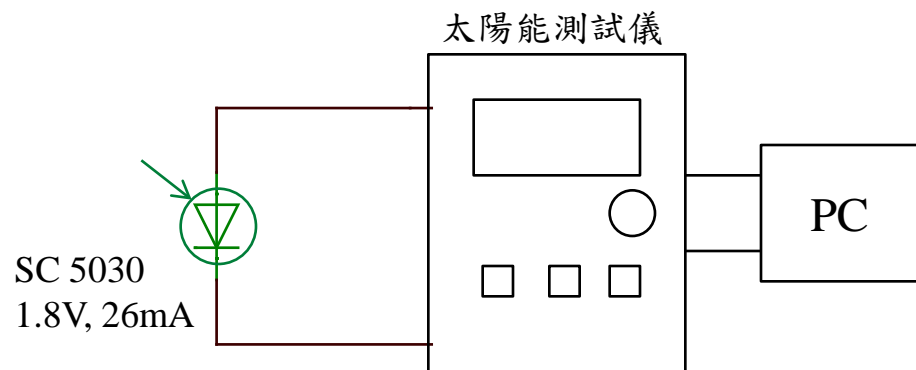


未照光

## 太陽電池光電發電系統實驗(3/7)

### ○ 實驗三

不同日照強度、溫度與傾斜角度對太陽電池電流-電壓特性曲線的影響



改變燈源強度, 入射角度與環境溫度!

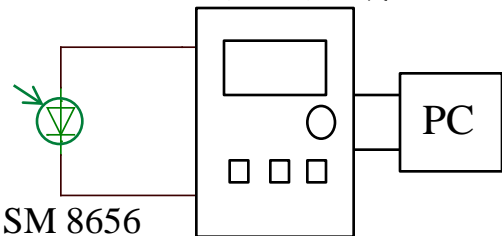
## 太陽電池光電發電系統實驗(4/7)

### ○ 實驗四

- (1) 太陽電池串、並聯連接之電流-電壓特性曲線記錄
- (2) 含或未含旁路二極體之太陽電池遮蔽實驗

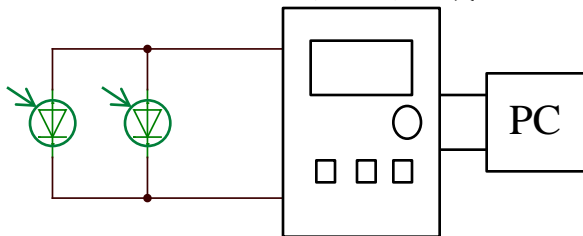
(1)

太陽能測試儀

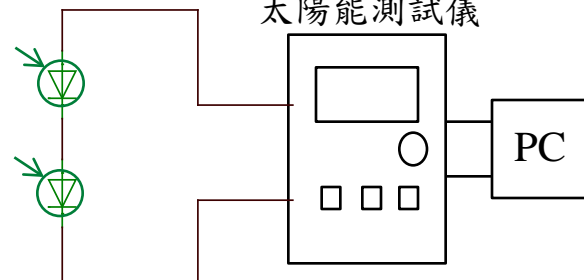


SM 8656  
3V, 120 mA

太陽能測試儀



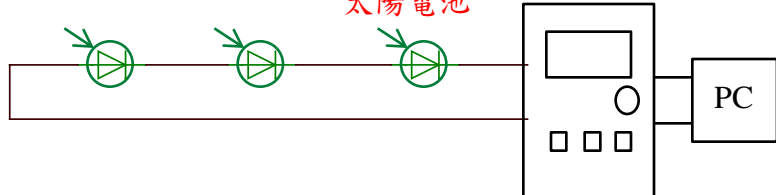
太陽能測試儀



(2)

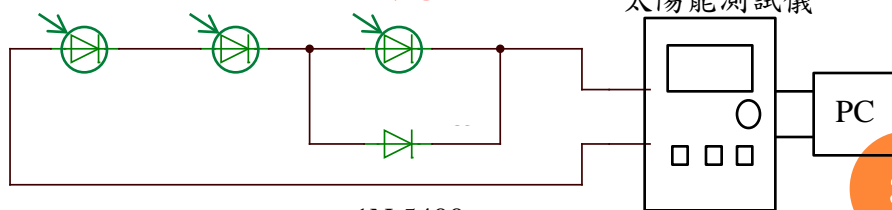
遮蔽  
太陽電池

太陽能測試儀



遮蔽  
太陽電池

太陽能測試儀

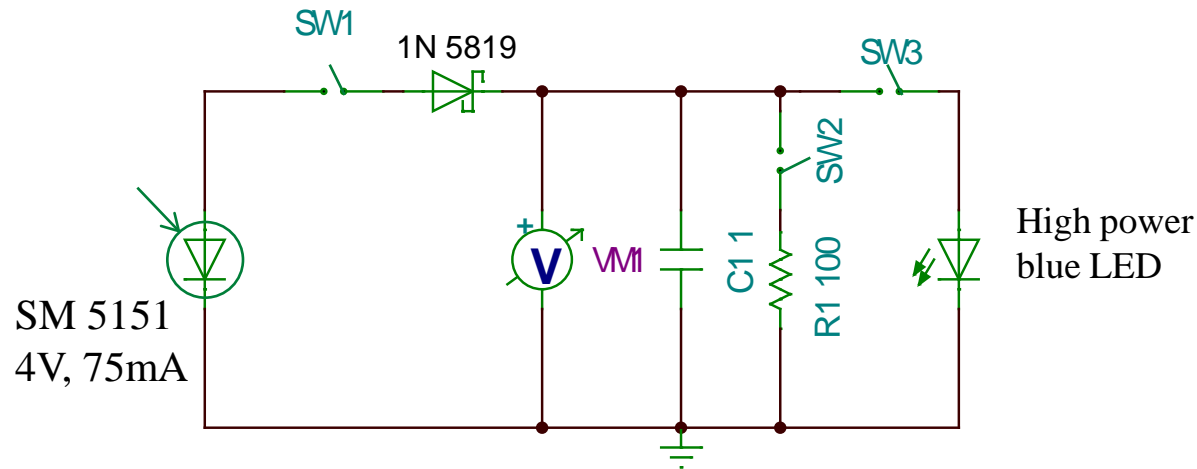


1N 5400  
旁路二極體

## 太陽電池光電發電系統實驗(5/7)

### ○ 實驗五

#### 太陽電池充放電實驗

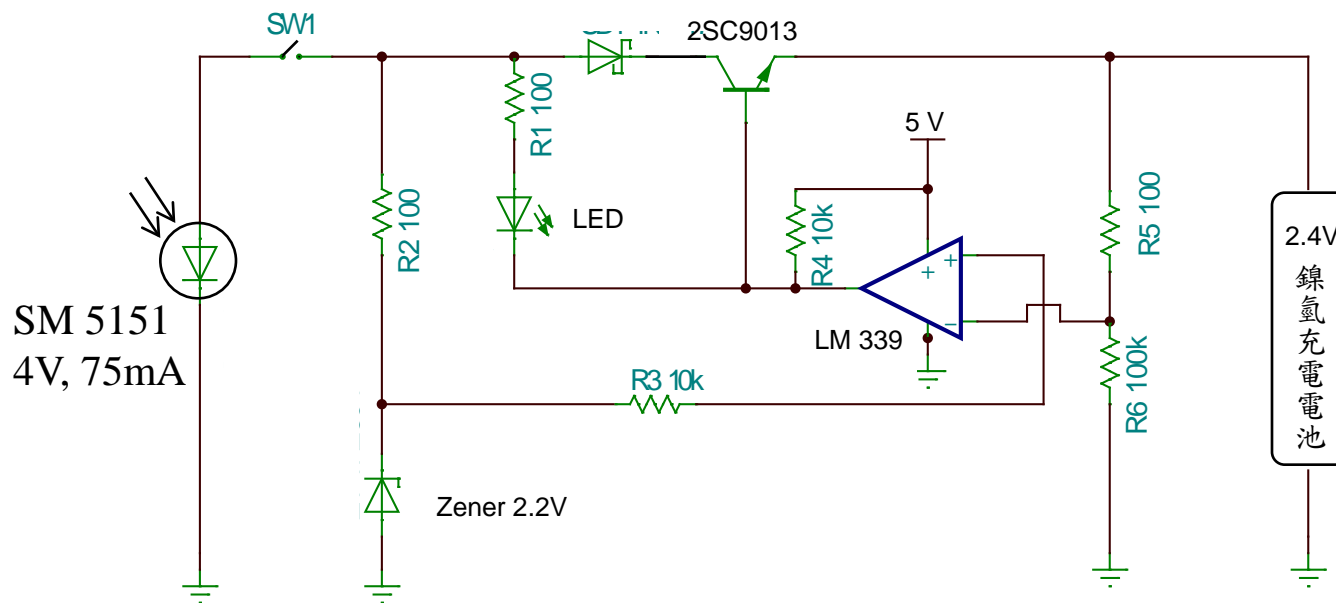




## 太陽電池光電發電系統實驗(6/7)

### ○ 實驗六

#### 鎳氫電池太陽能電池充電器實驗

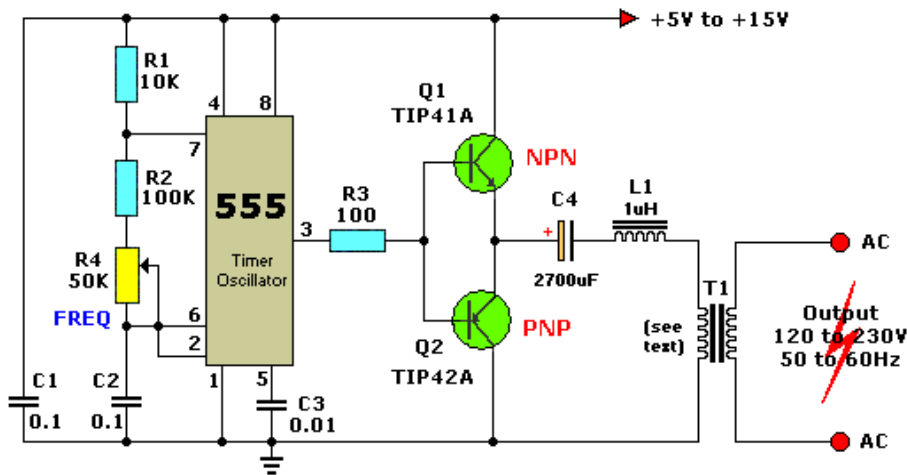


## 太陽電池光電發電系統實驗(7/7)

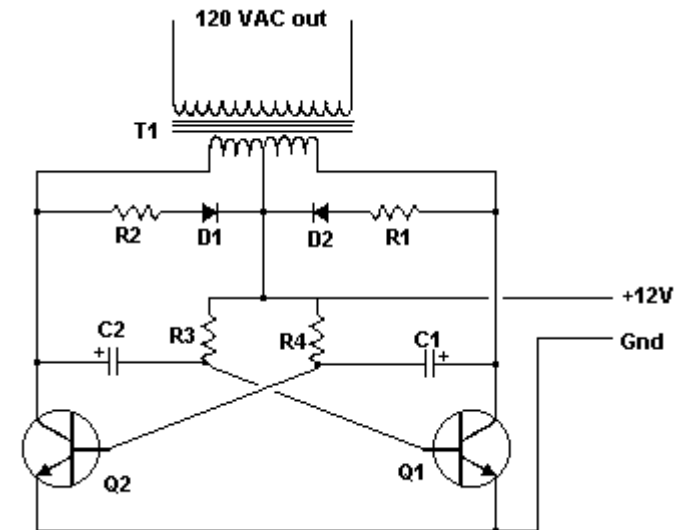
### ○ 實驗七

#### 直交流轉換器(變流器)實驗

##### DC to AC Inverter with the 555



電路1



電路2



謝謝指教

