

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

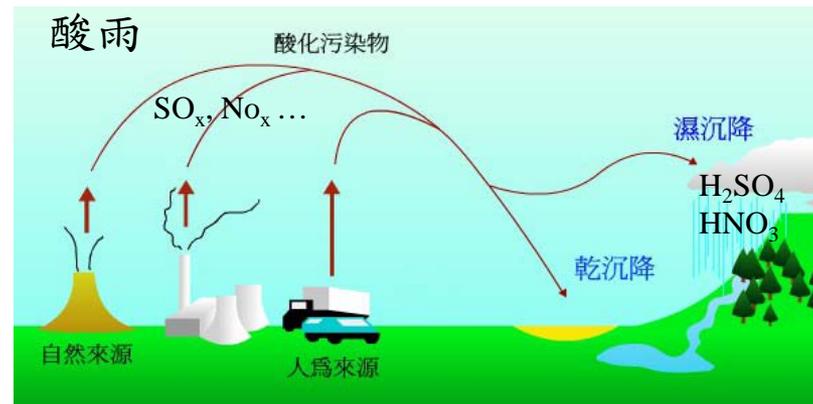
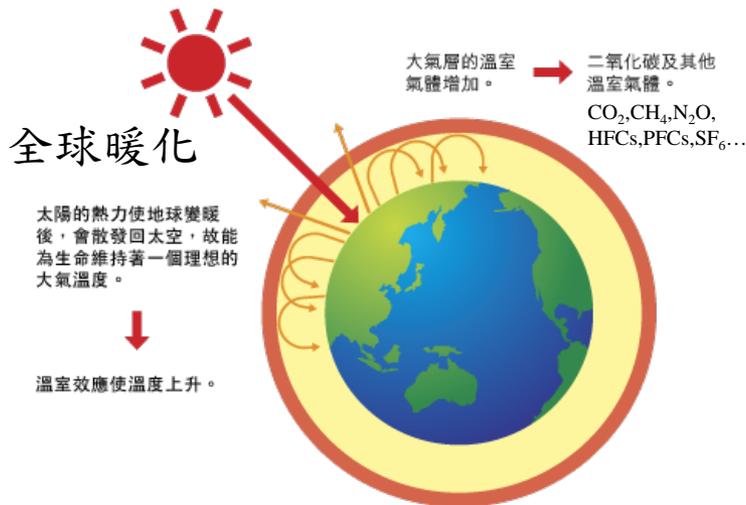
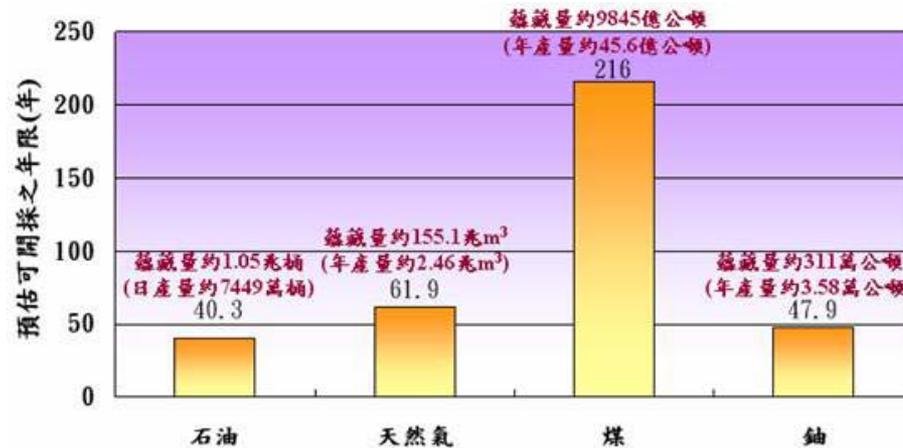
2010年11月2日

內容大綱

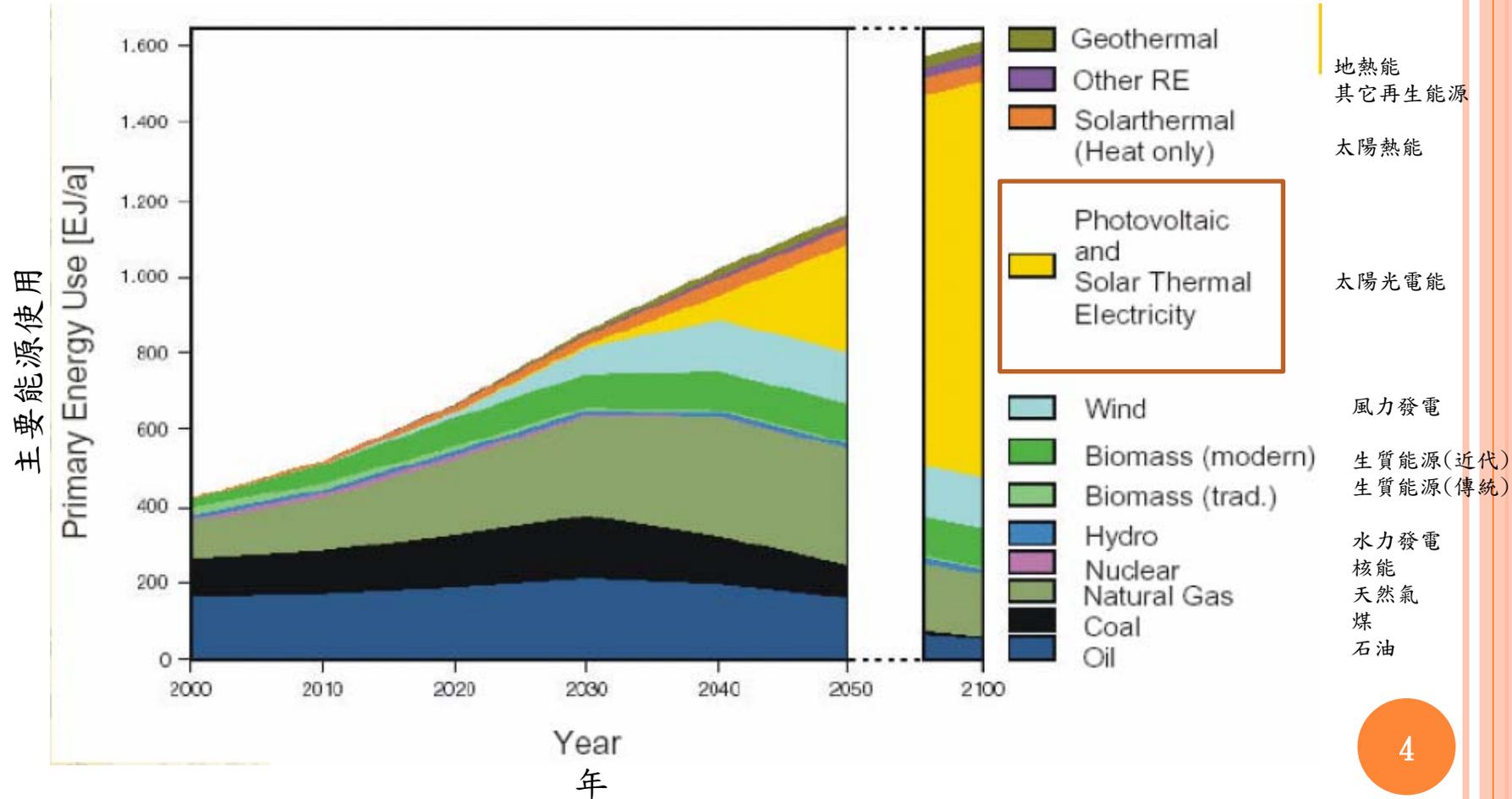
- 世界能源存量及氣候暖化
- 能源需求預測
- 再生能源發展趨勢
- 太陽電池種類
- 太陽電池應用
- 矽半導體材料
- 矽基太陽電池相關特性講述
- 太陽光電系統介紹
- 太陽電池光電發電系統實驗



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CO₂及其他5種廢氣（CH₄, N₂O, HFCs, PFCs與SF₆）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CO₂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CO₂排放量530噸/GWh

○ 太陽光電發電製造之CO₂排放量僅5噸/GWh



太陽電池種類

○ 無機太陽電池

- 矽半導體型

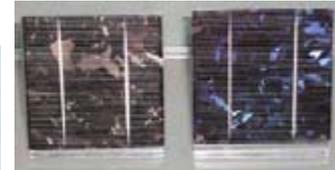
- 非晶矽, 單晶矽, 多晶矽, 微晶矽

- 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)Se₂]

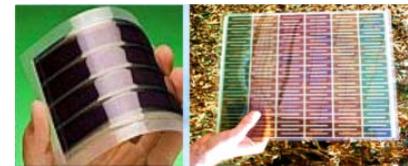


○ 有機太陽電池

- 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

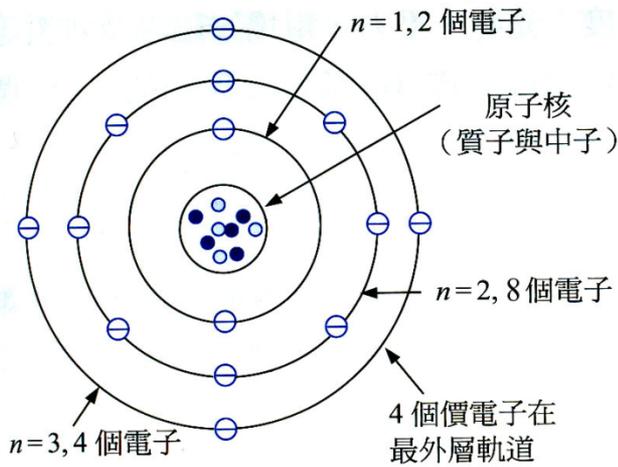


化學元素週期表

化學元素週期表																		
<p>說明： 元素中文名稱 原子序 元素符號 原子量</p> <p>氣體-藍色 惰性氣體-綠色 金屬-黃色 非金屬-紫色 液體-白色 人造元素-橘色</p>																		
IA	金屬										非金屬					VIIIA		
1																2		
1	氫 H 1.008															氦 He 4.00		
2	IIA		過渡元素										IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	
2	3	4											5	6	7	8	9	10
2	鋰 Li 6.94	鈹 Be 9.01											硼 B 10.81	碳 C 12.01	氮 N 14.01	氧 O 16.00	氟 F 19.00	氖 Ne 20.2
3	11	12											13	14	15	16	17	18
3	鈉 Na 22.99	鎂 Mg 24.31											鋁 Al 26.98	矽 Si 28.1	磷 P 31.0	硫 S 32.1	氯 Cl 35.5	氬 Ar 39.9
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4	鉀 K 39.1	鈣 Ca 24.31	鈦 Ti 47.9	鈷 Cr 52.0	鈾 Sc 50.9	鉻 Cr 52.0	錳 Mn 54.9	鐵 Fe 55.9	鈷 Co 58.9	鎳 Ni 58.7	銅 Cu 63.5	鋅 Zn 65.4	鎵 Ga 69.7	鍺 Ge 72.6	砷 As 74.9	硒 Se 79.0	溴 Br 79.9	氪 Kr 83.3
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
5	鉀 Rb 85.5	銣 Sr 87.6	鈾 Y 88.9	鈳 Zr 91.2	鈷 Nb 92.9	鉬 Mo 95.9	錳 Tc (99)	鈦 Ru 101.1	銻 Rh 102.9	鈳 Pd 106.4	銀 Ag 107.9	鎘 Cd 112.4	銦 In 114.8	錫 Sn 118.7	銻 Sb 121.8	碲 Te 127.6	碘 I 126.9	氙 Xe 131.3
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
6	銣 Cs 132.9	銻 Ba 137.3	銣系元素	鈳 Hf 178.5	鈳 Ta 180.9	鎢 W 183.9	銻 Re 186.2	銻 Os 190.2	銻 Ir 192.2	銻 Pt 195.1	金 Au 197.0	汞 Hg 200.6	銻 Tl 204.4	鉛 Pb 207.2	銻 Bi 209.0	鉍 Po (210)	銻 At (210)	銻 Rn (222)
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109									
7	銻 Fr (223)	銻 Ra (226)	銻系元素	銻 Unq (261)	銻 Unp (262)	銻 Unh (263)	銻 Uns (265)	銻 Uno (266)	銻 Une (266)									
銣系元素		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
銣系元素		銣 La 138.9	銻 Ce 140.1	銻 Pr 140.9	銻 Nd 144.2	銻 Pm (147)	銻 Sm 150.4	銻 Eu 152.0	銻 Gd 157.3	銻 Tb 158.9	銻 Dy 162.5	銻 Ho 164.9	銻 Er 167.3	銻 Tm 168.9	銻 Yb 173.0	銻 Lu 175.0		
銣系元素		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
銣系元素		銻 Ac (227)	銻 Th 232.0	銻 Pa (231)	銻 U 238.0	銻 Np (237)	銻 Pu (242)	銻 Am (243)	銻 Cm (247)	銻 Bk (247)	銻 Cf (251)	銻 Es (254)	銻 Fm (253)	銻 Md (256)	銻 No (254)	銻 Lr (257)		

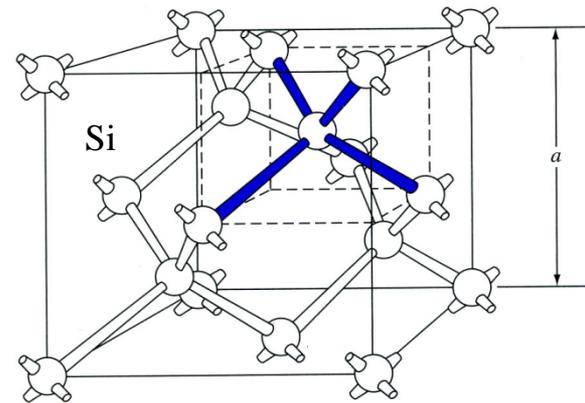
矽原子結構與晶體鍵結

矽原子序：14

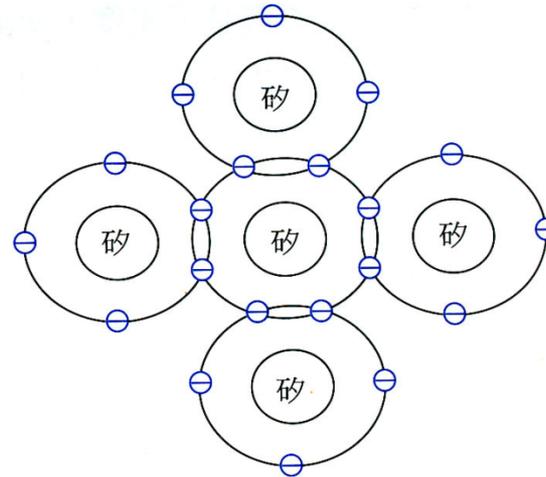


(a)

矽原子電子結構



三維矽晶體共價鍵結



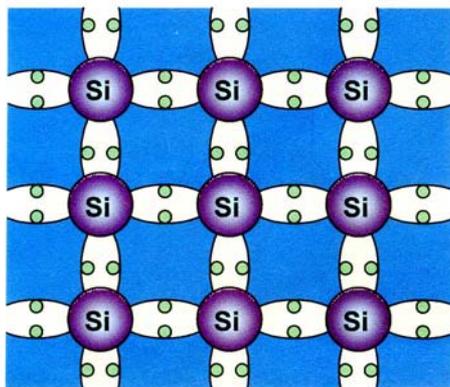
(b)

二維矽晶體共價鍵結

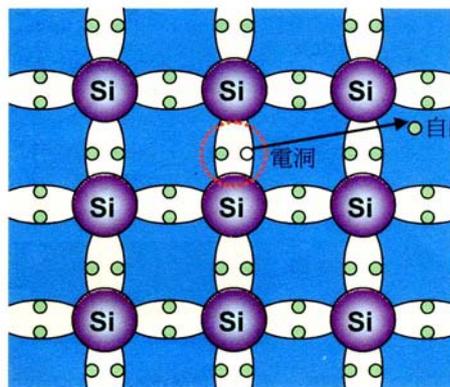
半導體型別介紹

四A族元素
Si(矽)或 Ge(鍺)

I 型半導體(本質半導體)



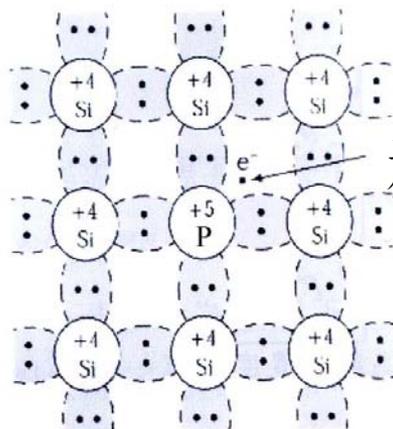
(a)



(b)

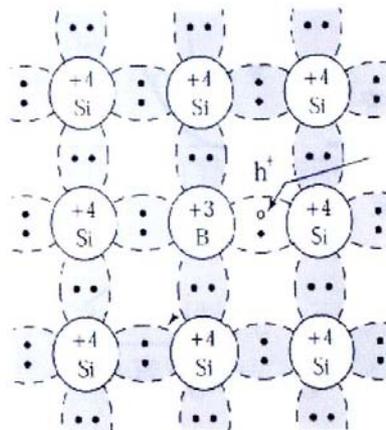
本質半導體
摻雜五A族
元素磷(P)或
砷(As)

N 型半導體



五A族雜質所提供之導電電子

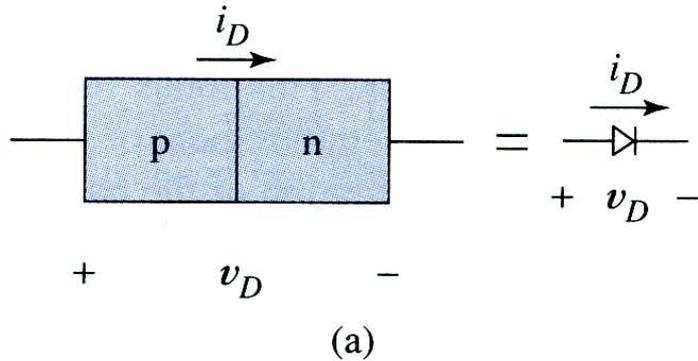
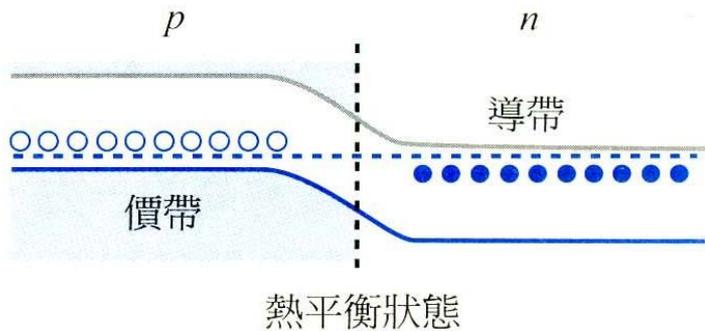
P 型半導體



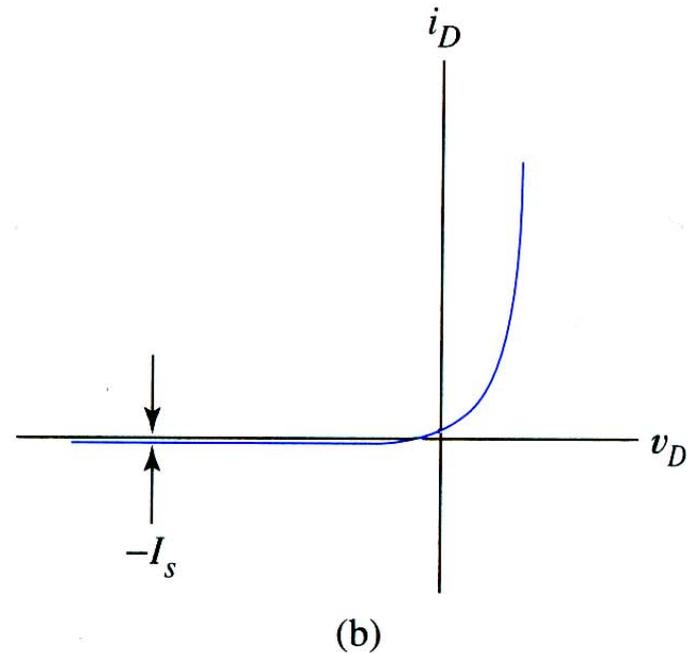
三A族雜質所提供之導電電洞

本質半導體
摻雜三A族元素
硼(B)或 鎵(Ga)

P-N 二極體

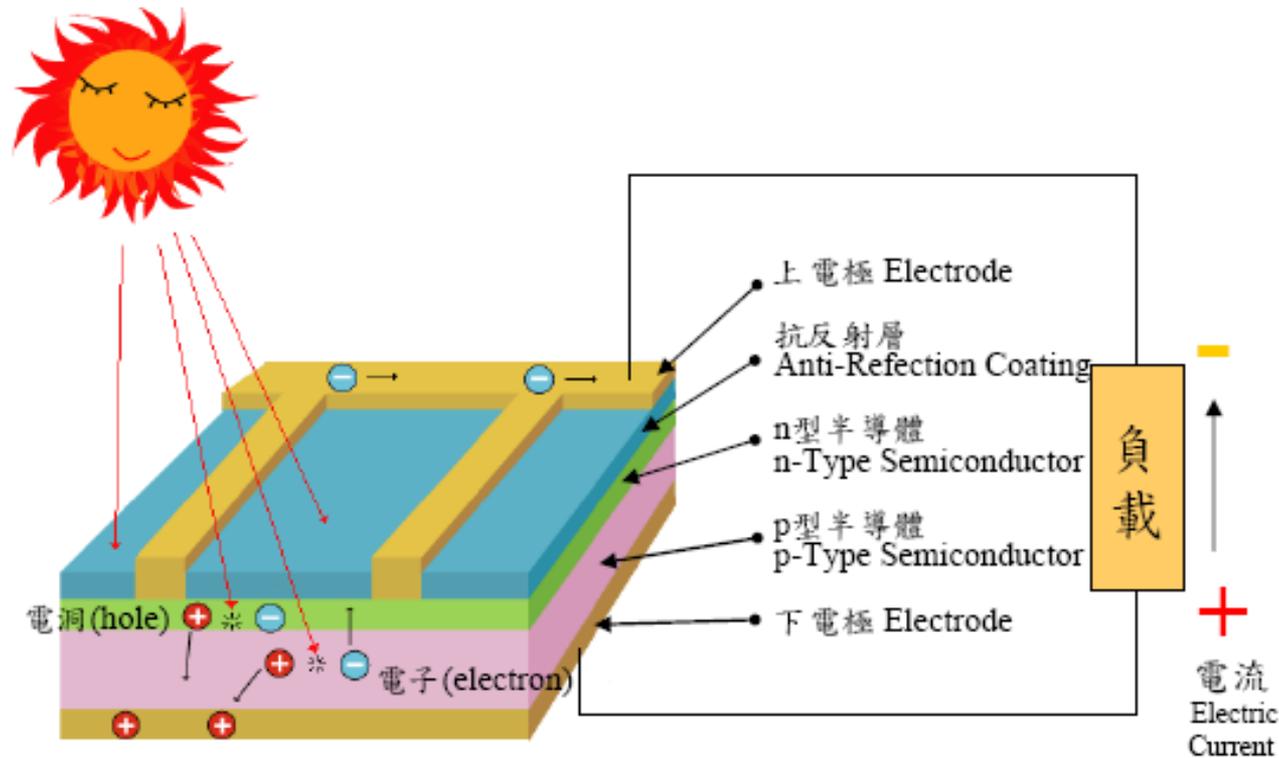


P-N二極體實體結構與電路符號



P-N二極體電流-電壓特性

矽基太陽電池構造與發電原理

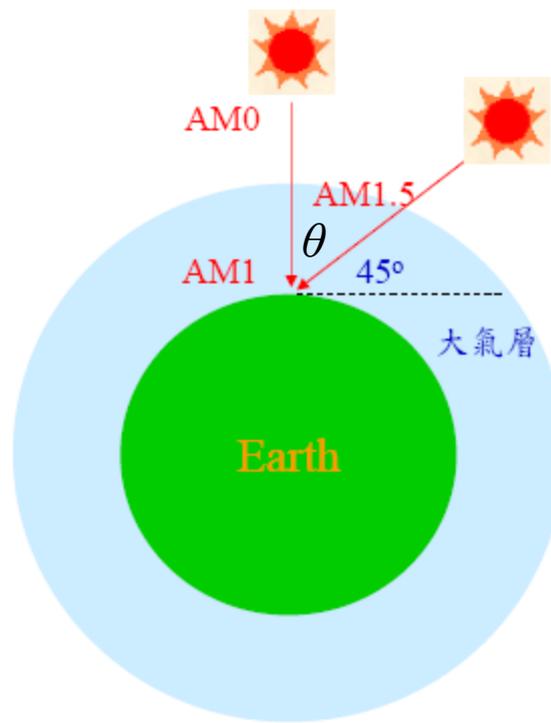
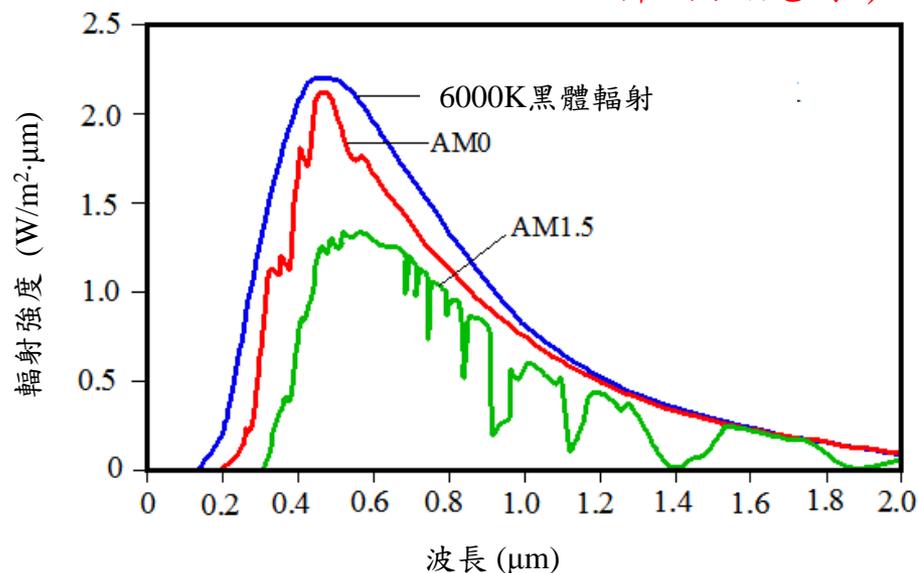


太陽光譜

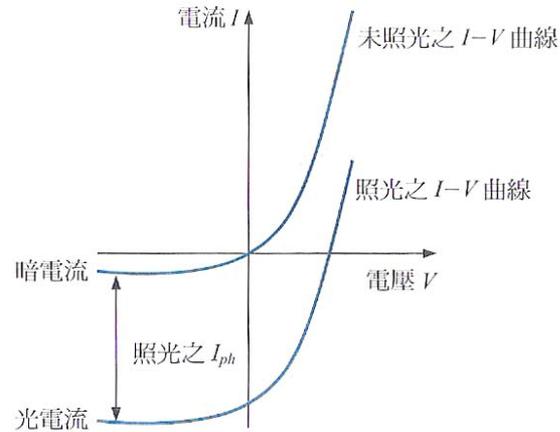
AM (air mass; 空氣質量): 不同的空氣質量代表不同的太陽光譜

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

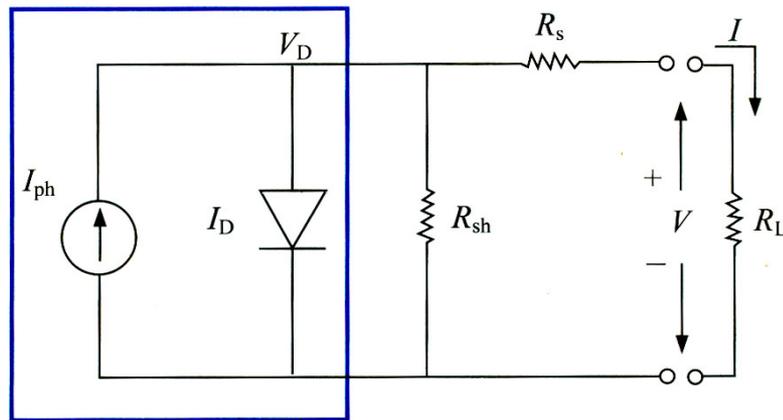
♣ AM1.5 1000 W/m^2 (IEC 891, IEC904-1
非自然光源)



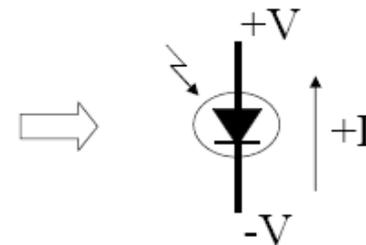
太陽電池電氣特性與等效電路



照光狀況下，太陽能電池所產生光電流之電壓－電流曲線



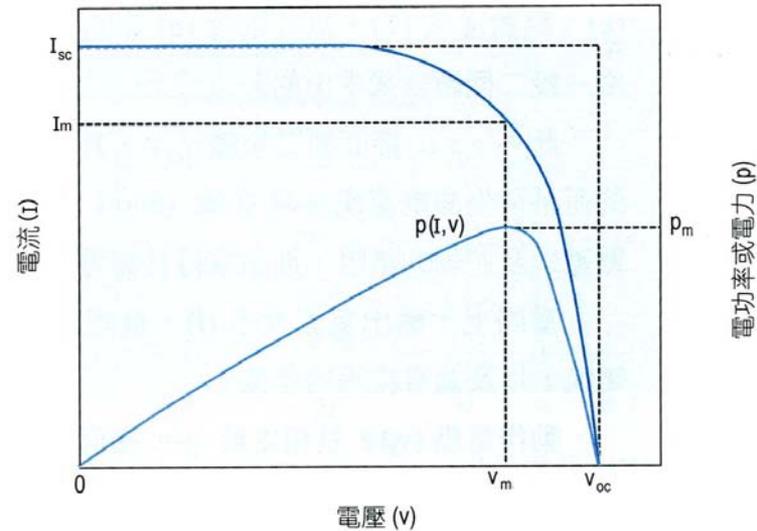
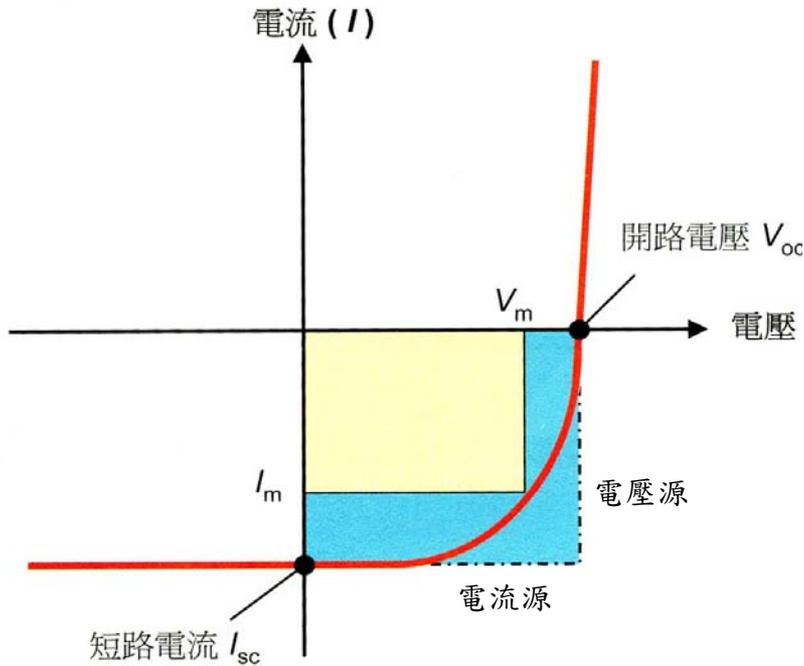
太陽電池等效電路



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(η)
 - 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(W/m^2)，一般 $E \sim 1000 \text{ W}/\text{m}^2$

A_c : 太陽電池面積

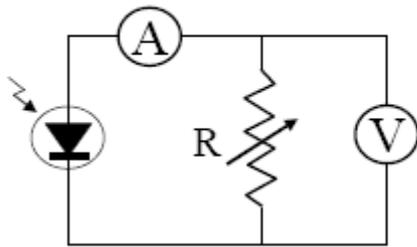
- 填充因子(FF: filling factor)

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

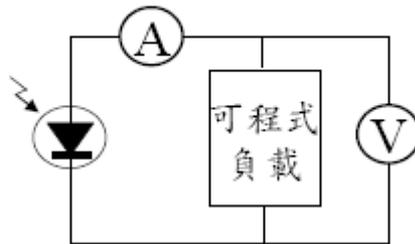
太陽電池電流-電壓特性曲線測量法

- 光源：使用鎢絲燈、氙燈、太陽光模擬器或太陽光

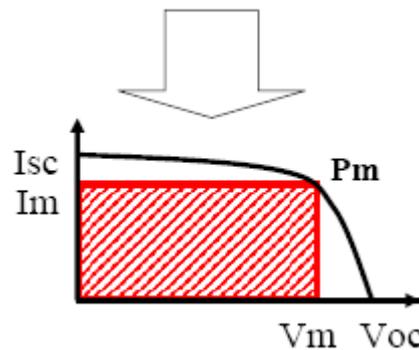
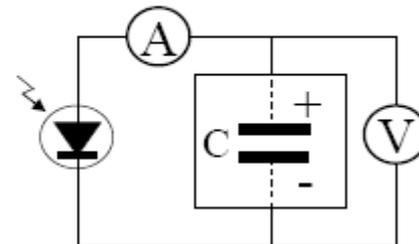
$P_m < \text{few } 10 \text{ W}$



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

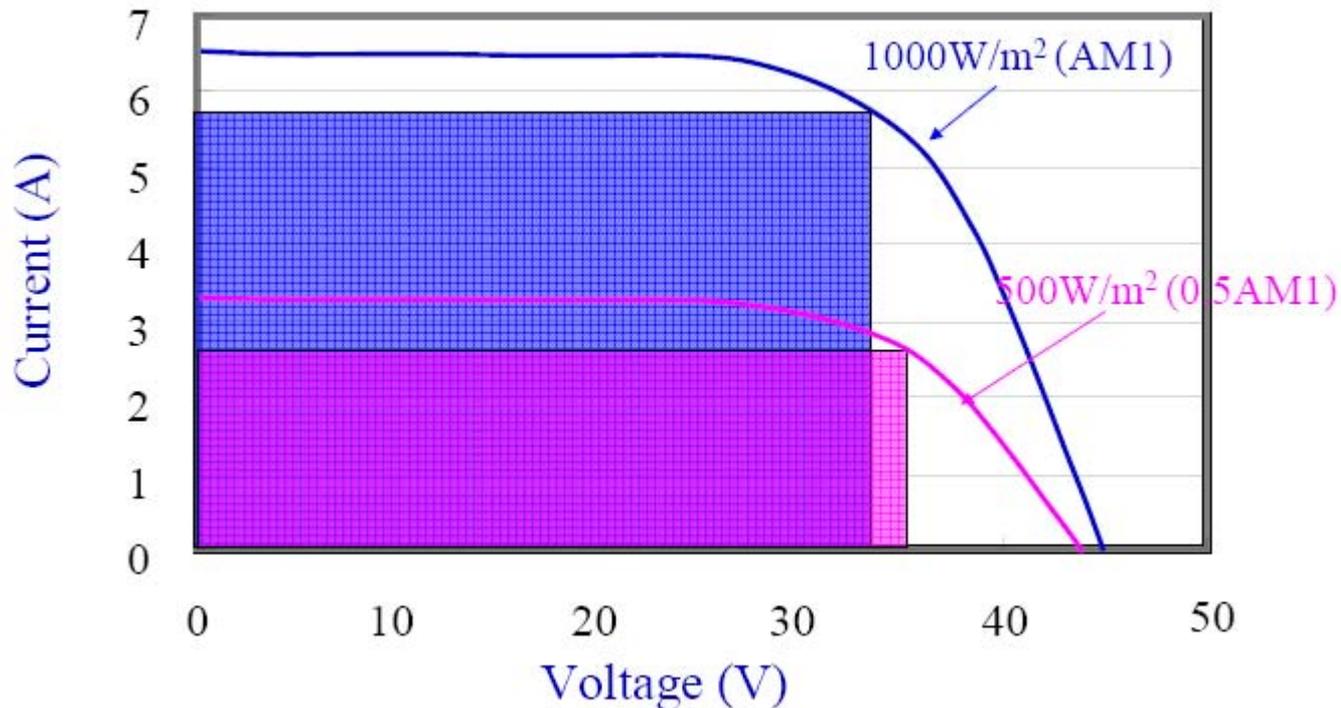


$P_m < 100 \text{ kW}$



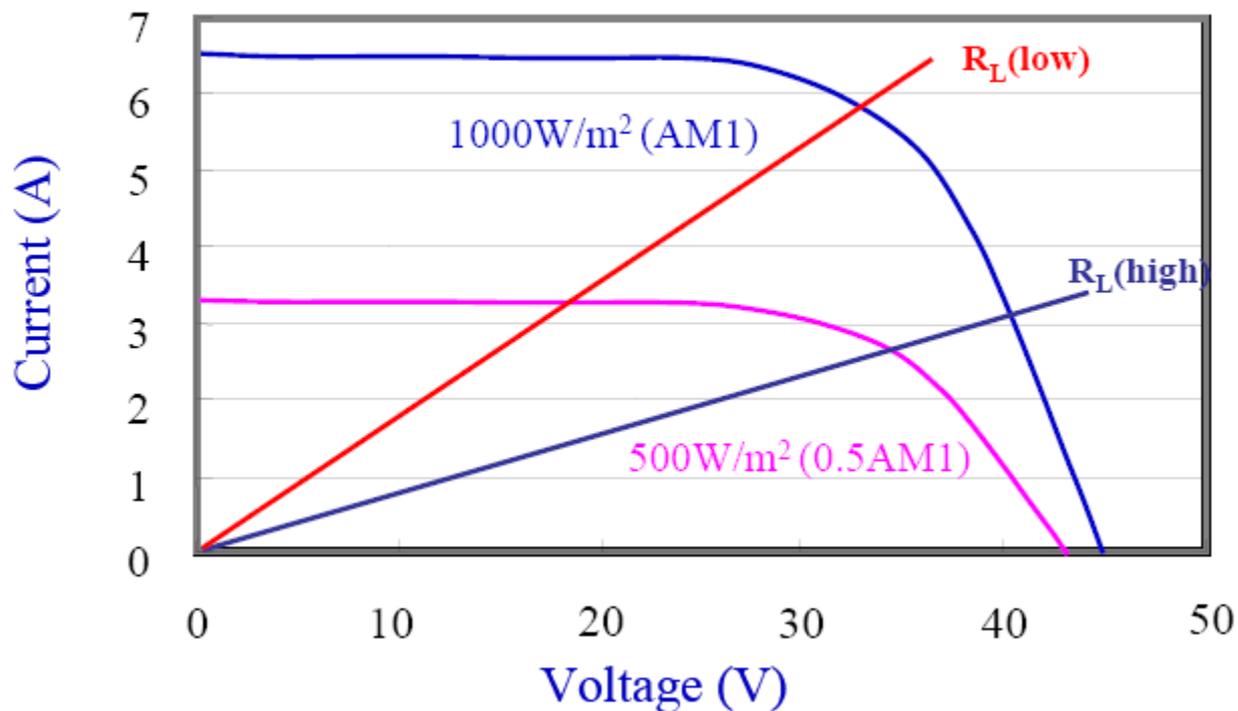
不同日照強度下太陽電池之電流-電壓特性曲線

- 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。



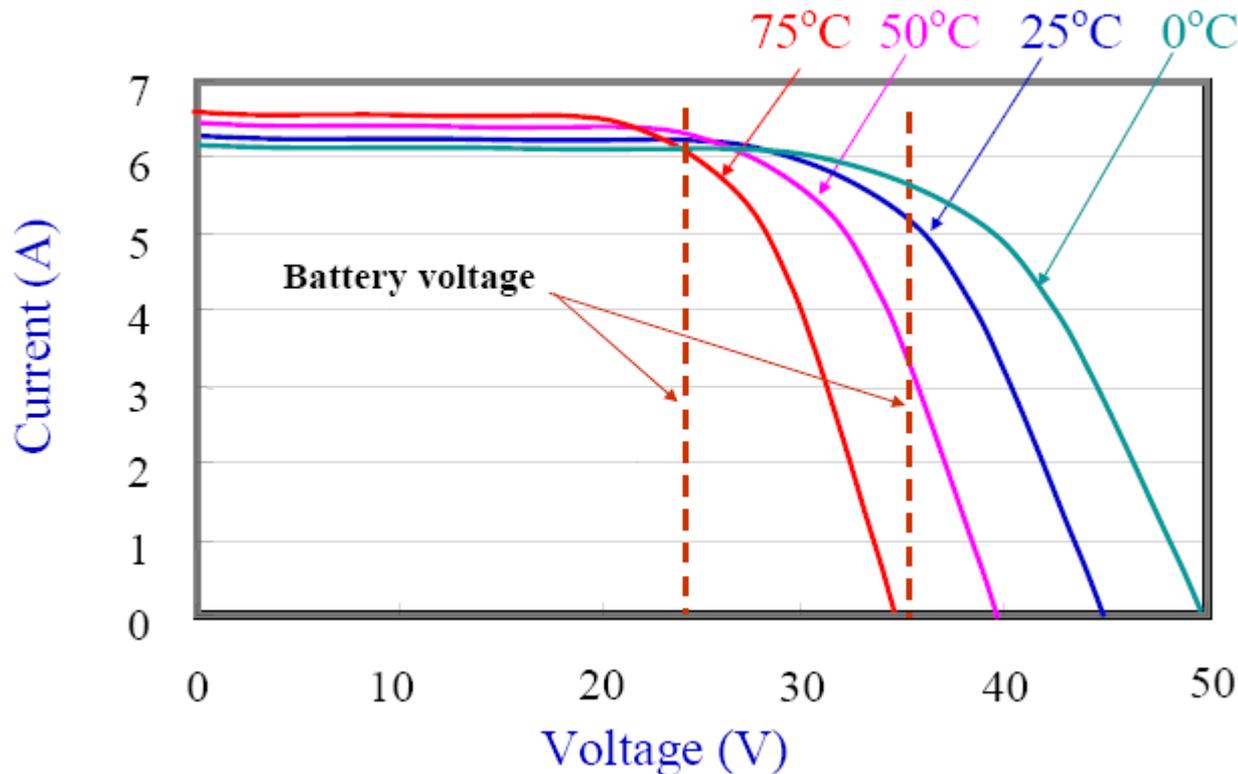
日照變化下太陽電池之動態負載匹配

- 高效率太陽發電系統需具備最大功率追蹤功能。



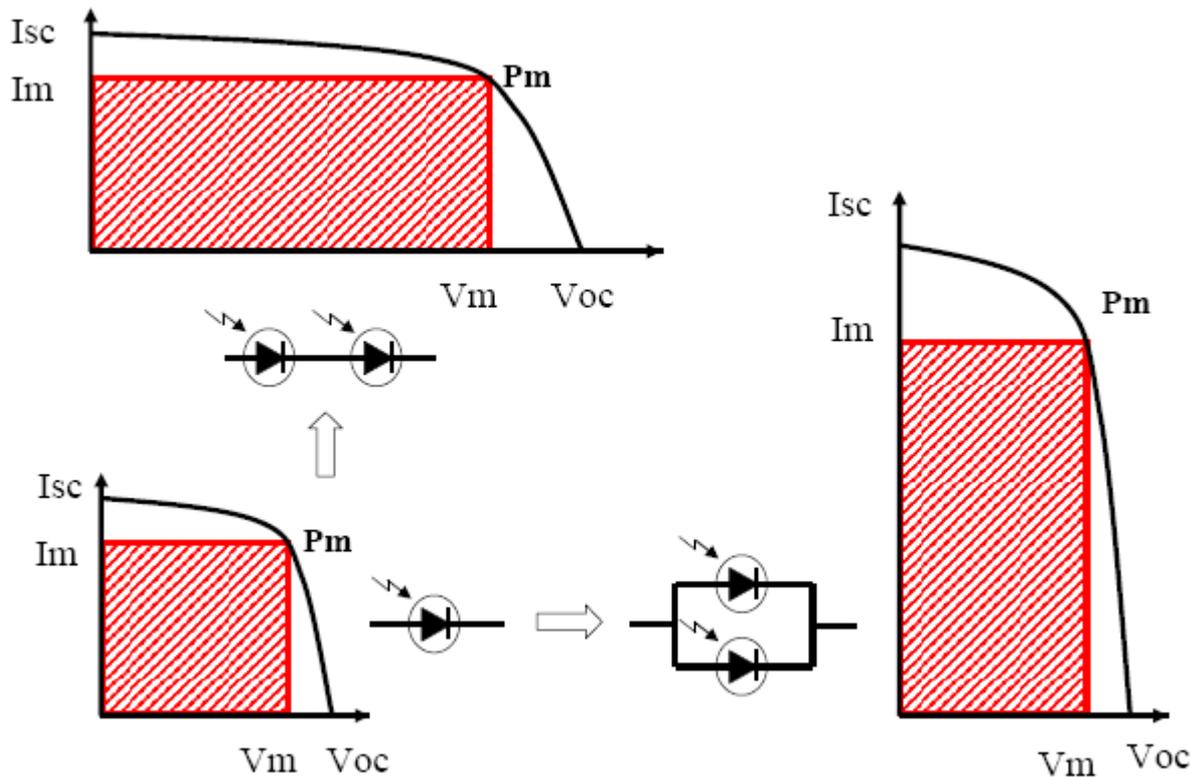
不同溫度下太陽電池之電流-電壓特性曲線

- 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。



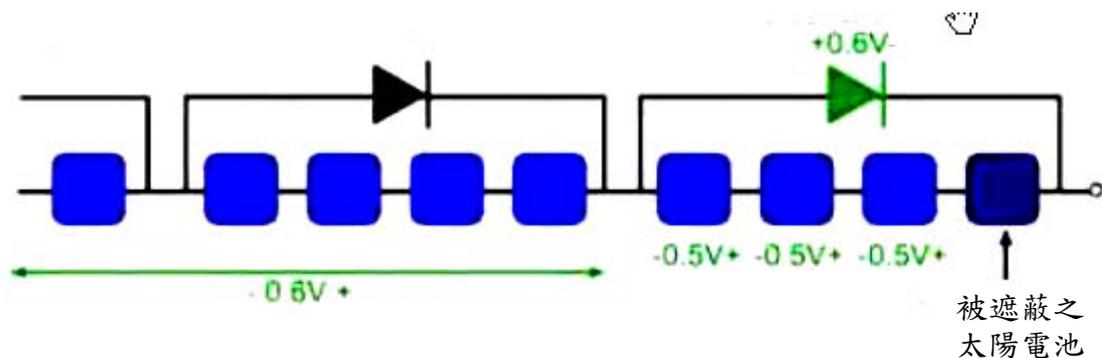
太陽電池之遮蔽效應

○ 熱斑效應

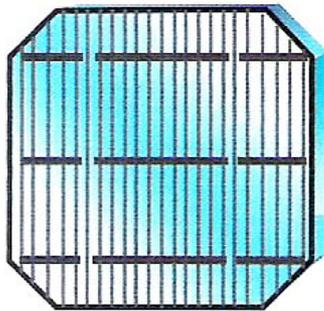
- 一串聯支路中被遮蔽的太陽電池組件，將被當作負載而消耗其他有光照太陽電池所產生的能量。被遮蔽的太陽電池組件此時會發熱，此即熱斑效應。

○ 旁路二極體

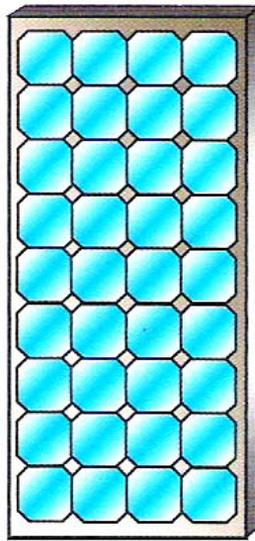
- 並聯在太陽電池組件正負極兩端，可防止太陽電池受熱斑效應破壞。
- 當電池片出現熱斑效應不能發電時，起旁路作用，讓其它電池片所產生的電流從二極體流出，使太陽能發電系統繼續發電。



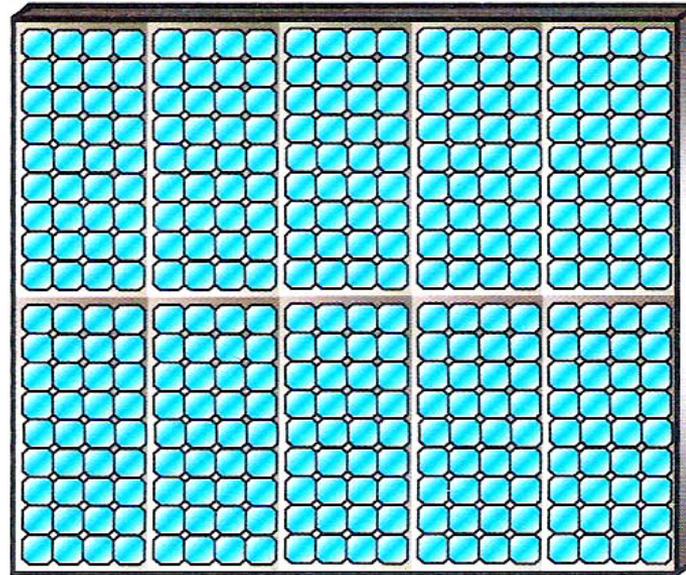
太陽電池、模組與陣列



電池(cell)



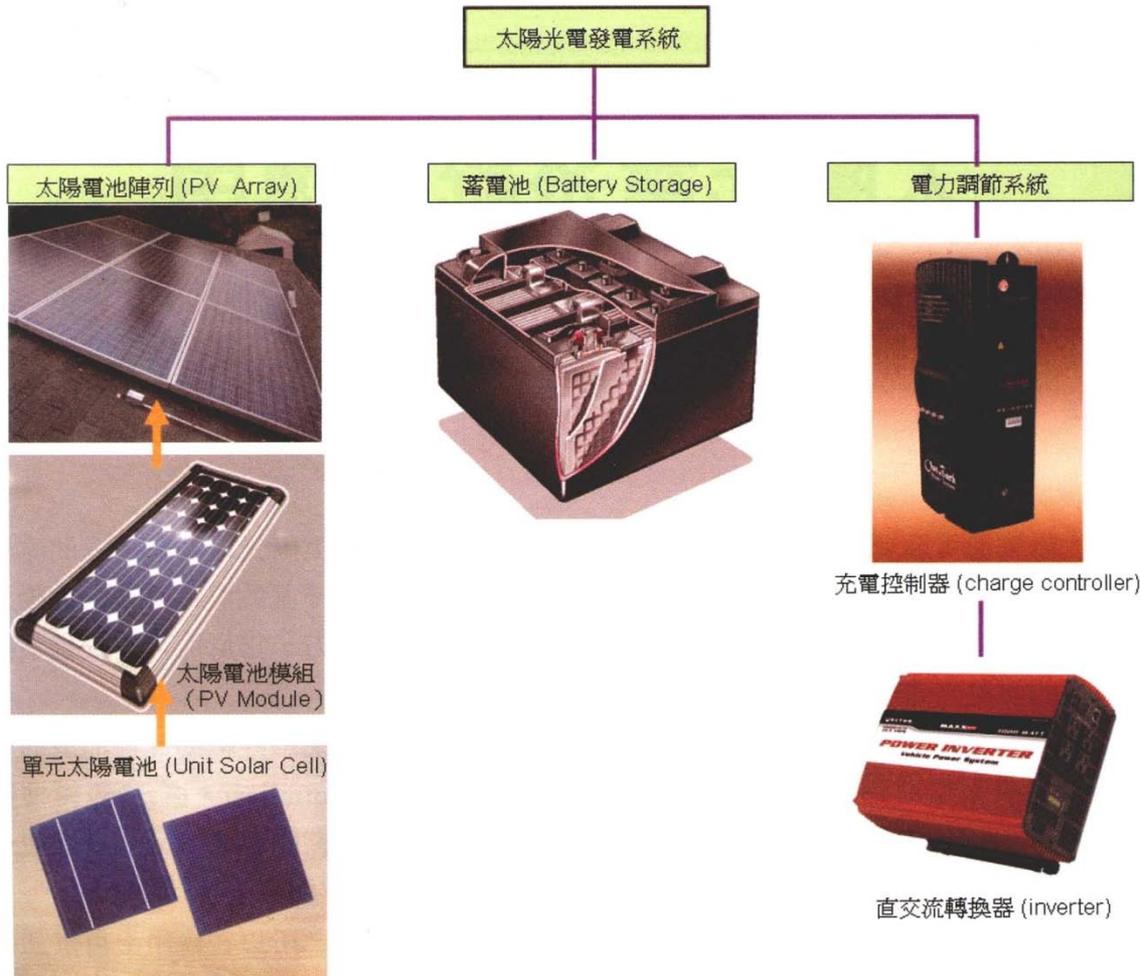
模組(Module)



陣列(Array)

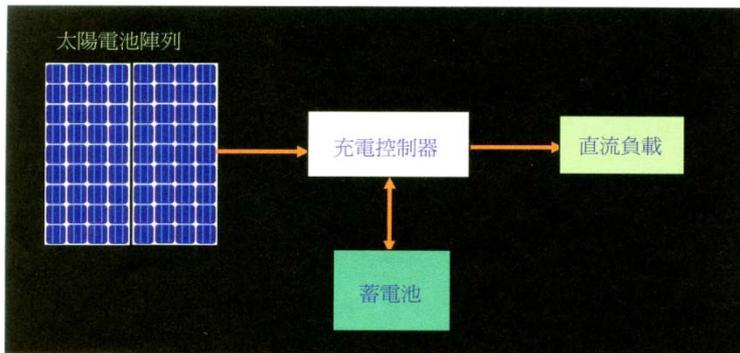
電池(Cell)、模組(Module)、及陣列(Array)之相關性之示意圖

太陽光電系統之組成

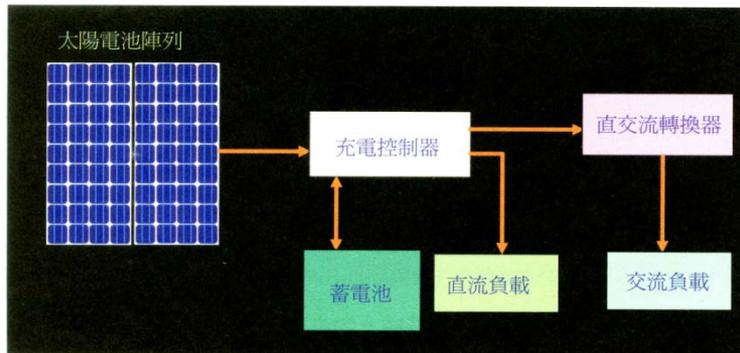


太陽光電系統之種類(1/3)

○ 獨立型太陽光電系統



(a) 供應直流負載之獨立型系統

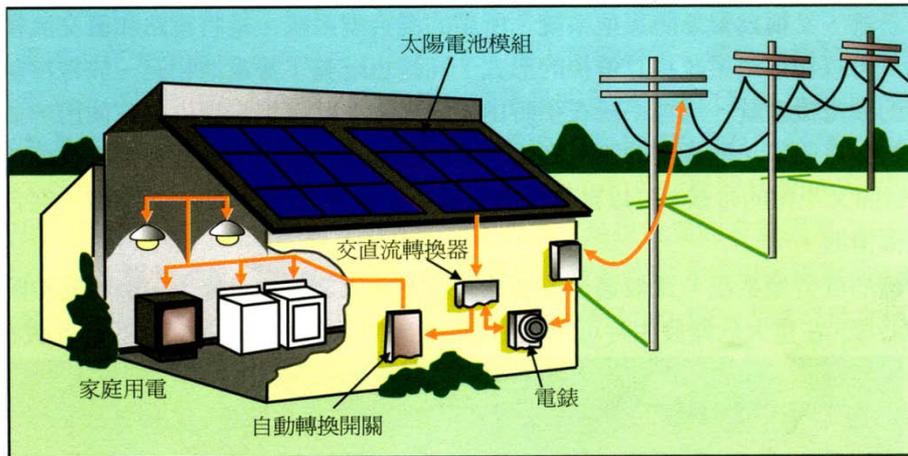


(b) 供應直/交流負載之獨立型系統



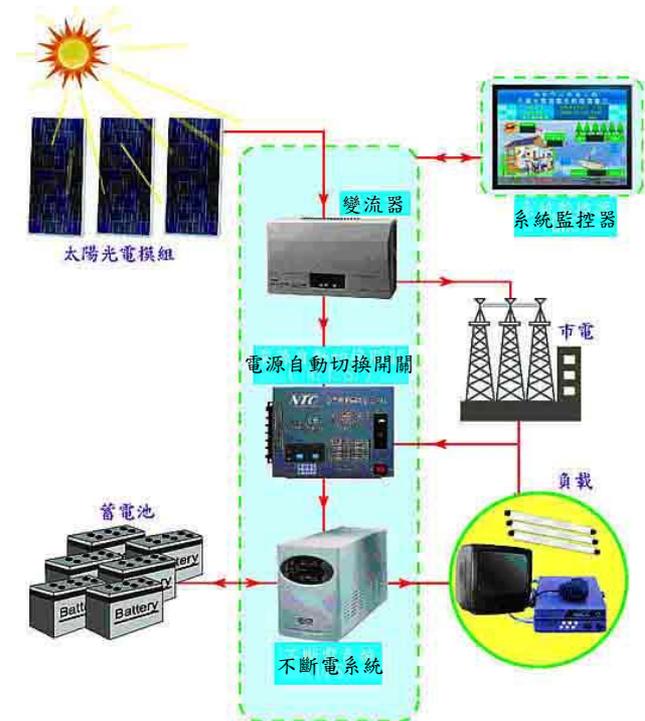
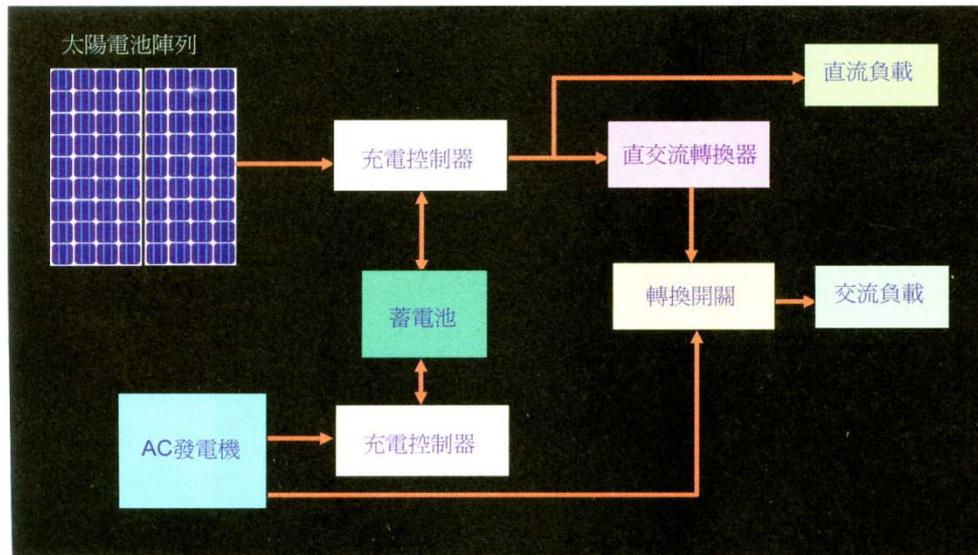
太陽光電系統之種類(2/3)

○ 市電併聯型太陽光電系統



太陽光電系統之種類(3/3)

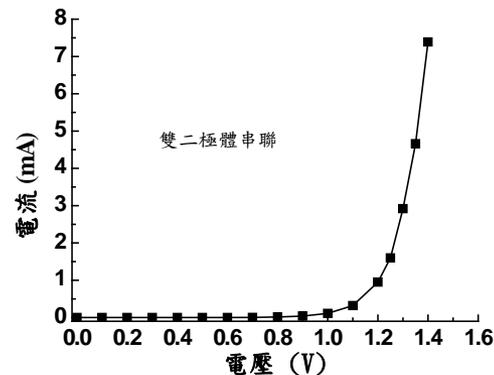
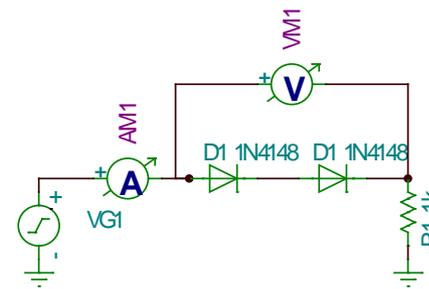
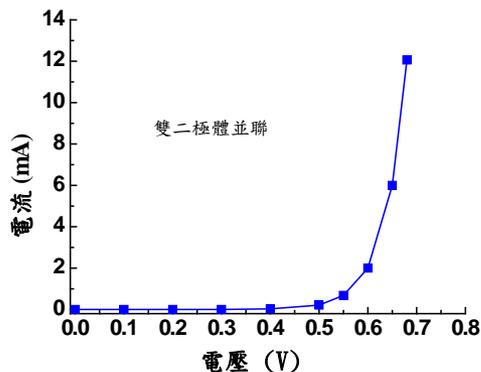
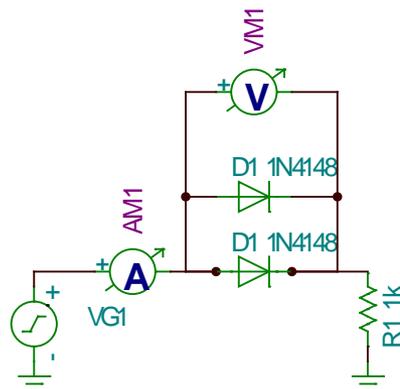
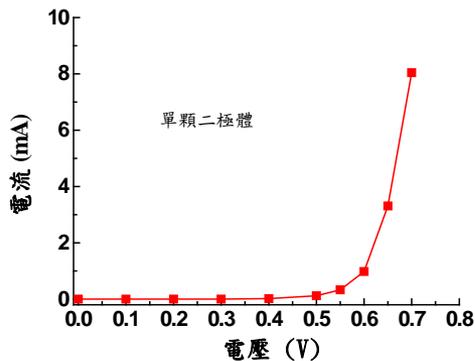
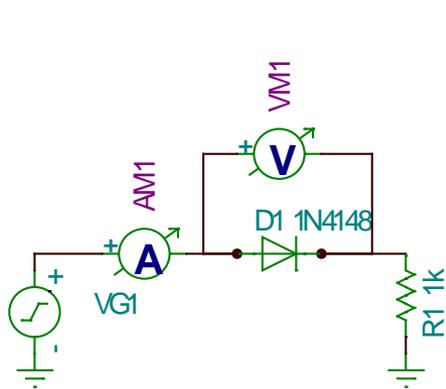
- 混合型太陽光電系統
～ 緊急防災型系統



太陽電池光電發電系統實驗(1/7)

○ 實驗一

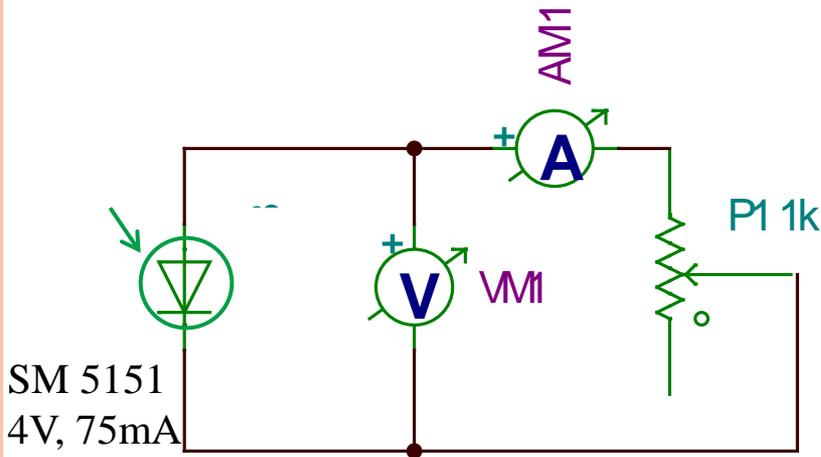
二極體及其串、並聯連接之電流-電壓特性曲線記錄



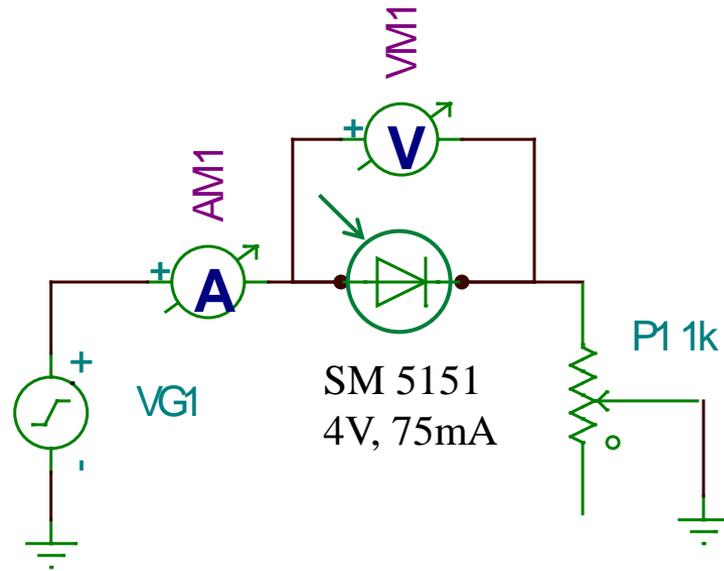
太陽電池光電發電系統實驗(2/7)

○ 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

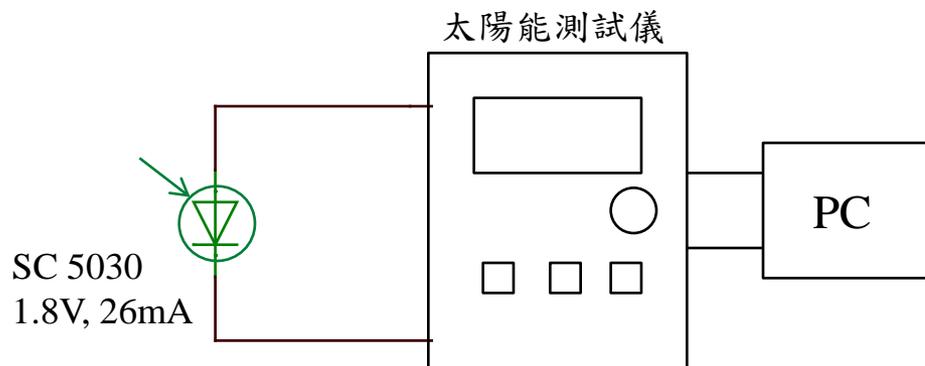


未照光

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

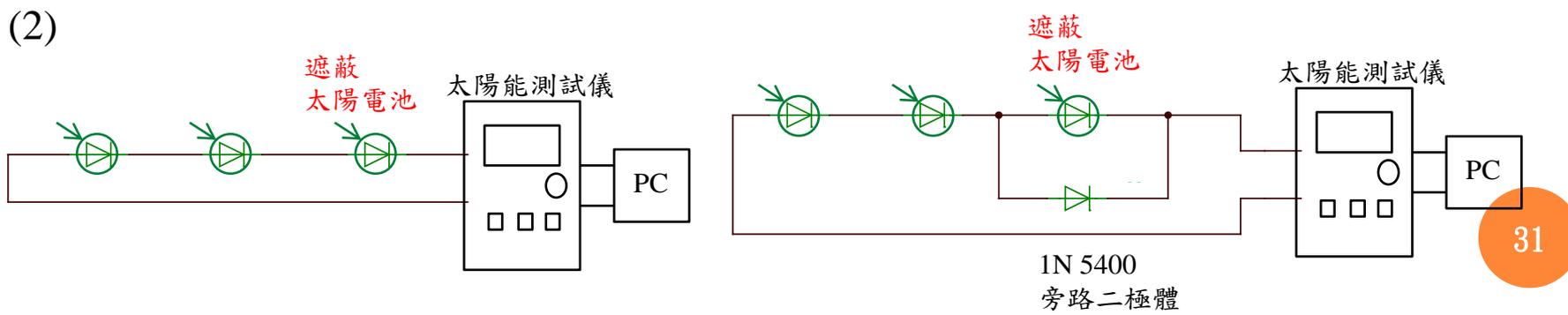
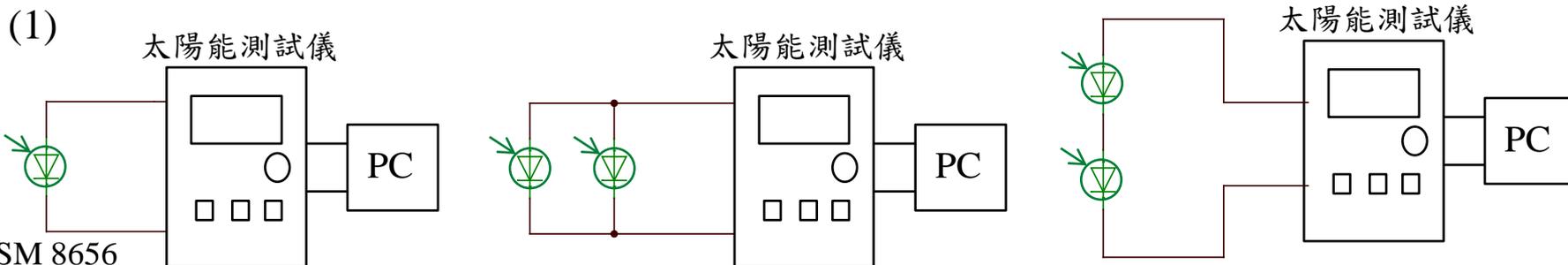


改變燈源強度, 入射角度與環境溫度!

太陽電池光電發電系統實驗(4/7)

○ 實驗四

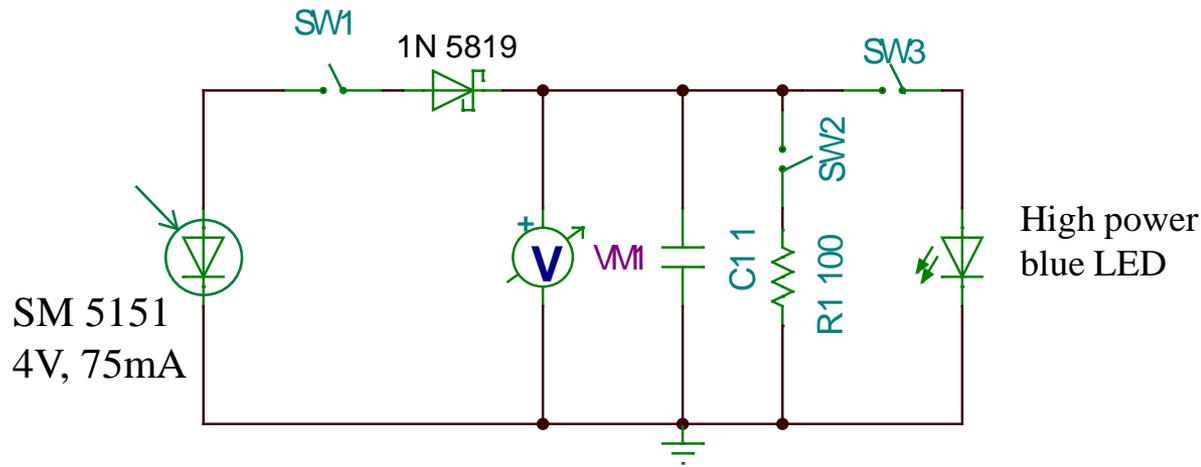
- (1) 太陽電池串、並聯連接之電流-電壓特性曲線記錄
- (2) 含或未含旁路二極體之太陽電池遮蔽實驗



太陽電池光電發電系統實驗(5/7)

○ 實驗五

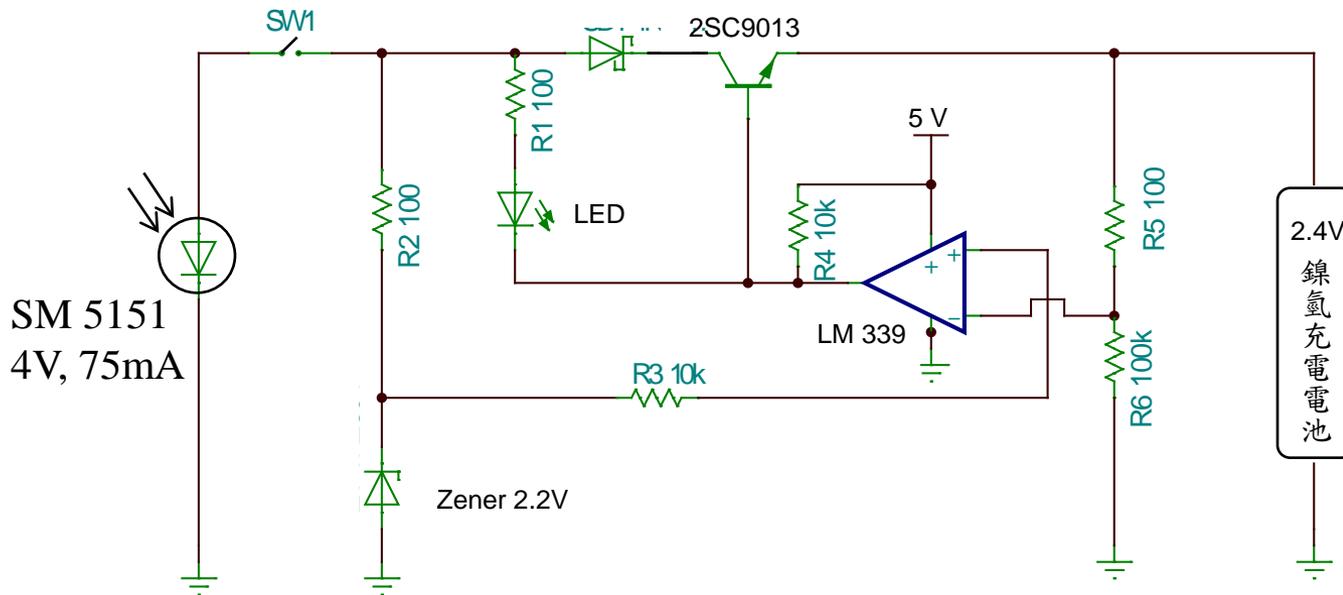
太陽電池充放電實驗



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

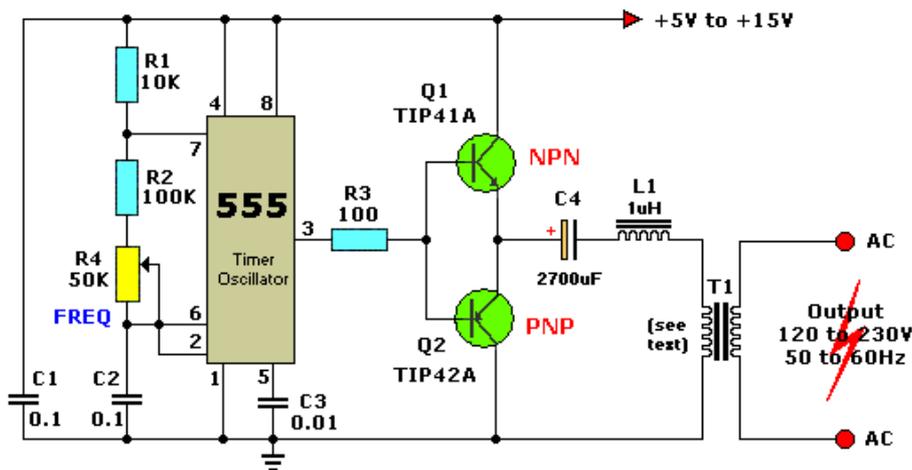


太陽電池光電發電系統實驗(7/7)

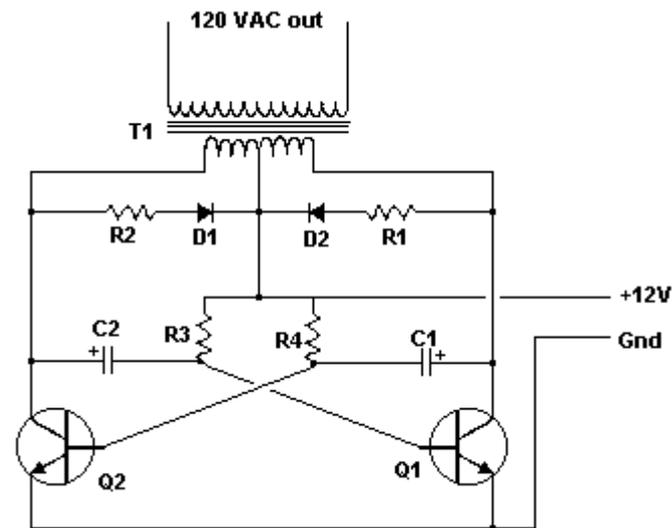
○ 實驗七

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

