

工程與生活

光電半導體元件簡介

郭艷光 Yen-Kuang Kuo

彰化師大物理系暨光電科技研究所教授

兼彰化師大理學院院長

電子郵件: ykuo@cc.ncue.edu.tw

網頁: <http://ykuo.ncue.edu.tw>

郭艷光 – 藍光雷射實驗室

- 1997年12月底向彰化師大校長提出「藍光雷射計畫」，提議研發半導體雷射，獲得800萬元經費補助，成立「藍光雷射實驗室」。
- 除了半導體雷射之外，還帶領學生從事發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、太陽能電池(Solar Cell)的研究工作。

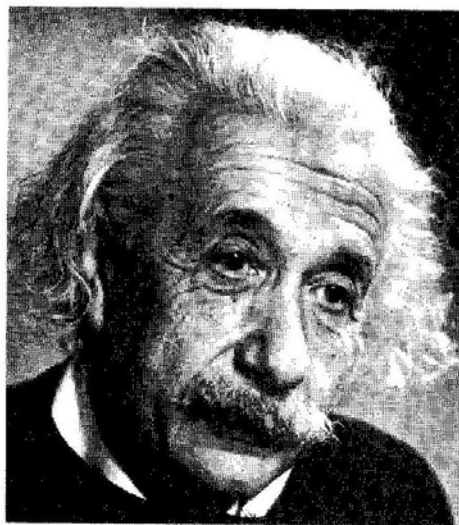
課程大綱

- 半導體雷射(LD)
- 發光二極體(LED)
- 有機發光二極體(OLED)
- 太陽能電池(Solar Cell)

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

3

Albert Einstein (1879–1955)



愛因斯坦

相對論

$$E = mc^2$$

受激放射

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

4

光子與電子之間的交互作用

機制	作用前	作用後	元件
吸收	<p>高能階 低能階</p>		太陽能電池 光偵測器
自然放射	<p>高能階 低能階</p>		發光二極體 有機發光二極體
受激放射	<p>高能階 低能階</p>		半導體雷射 其他雷射

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

5

雷射原理與雷射系統的發明

- 1958年，A. L. Schawlow與C. H. Townes第一次詳細描述在光學頻段的雷射效應(Phys. Rev. 112, 1940, 1958)。
- 1960年，Maiman發明人類第一具雷射：紅寶石($\text{Cr}^{3+}:\text{Al}_2\text{O}_3$)雷射(Nature 187, 493, 1960)。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

6

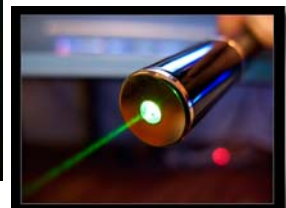
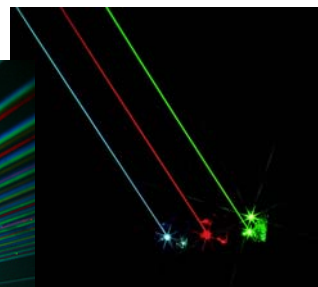
LASER 的原文

- **LASER** is the abbreviation of 『Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation』
- **Taiwan** ⇨ 雷射 (取其音)
- **China** ⇨ 激光 (取其意)

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

7

雷射光直行且不易發散



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

8

雷射的應用

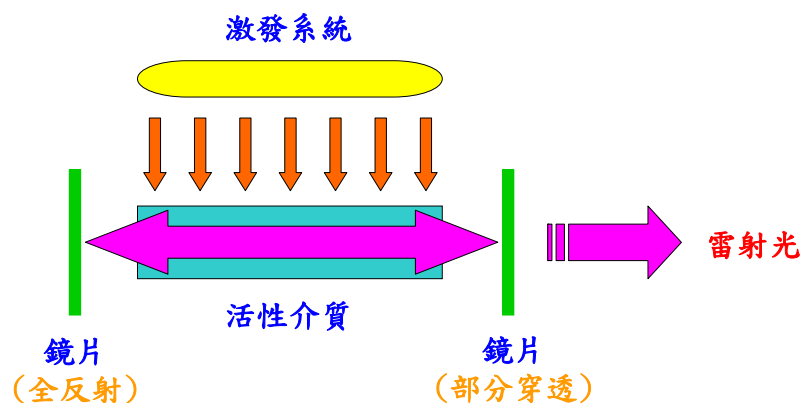
■ 日常生活中，我們常常接觸到雷射

1. 雷射指示器
2. 在電腦或音響組合中用來讀取光碟資料的光碟機
3. 在工業上，雷射常用於切割或微細加工
4. 在軍事上，雷射被用來攔截導彈
5. 科學家利用雷射非常準確地測量地球和月球的距離，誤差只有幾厘米。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

9

雷射系統的基本元素



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

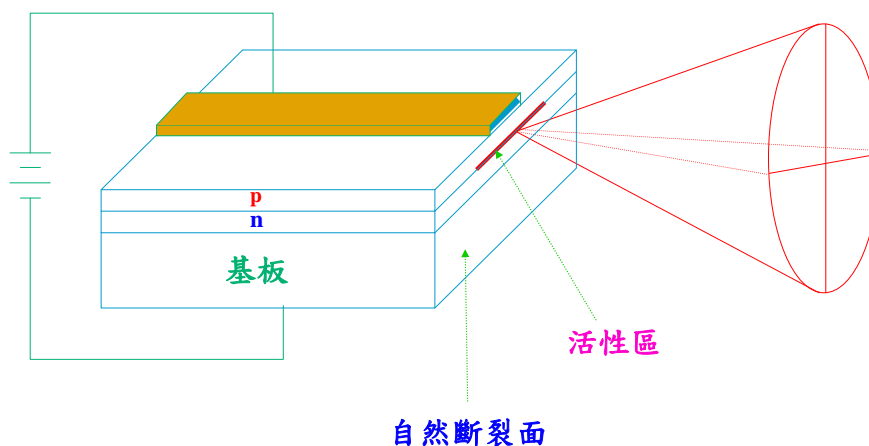
10

雷射的種類與典型範例

- 1) **Gas Lasers (氣態雷射)**
He-Ne Laser, Ar⁺ Laser, CO₂ Laser, N₂ Laser, ...
- 2) **Liquid Lasers (液態雷射)**
Organic Dye Lasers, ...
- 3) **Solid-State Lasers (固態雷射)**
Ruby Laser, Nd:YAG Laser, Nd:Glass Laser, ...
- 4) **Semiconductor Lasers (半導體雷射)**
AlGaAs, InGaAsP, AlGaInP, InGaN, InGaAsN, ...
- 5) **Other Lasers (其他雷射)**
Chemical Laser, Free-Electron Laser, ...

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 11

側射型雷射(Edge-Emitting Laser, EEL)



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 12

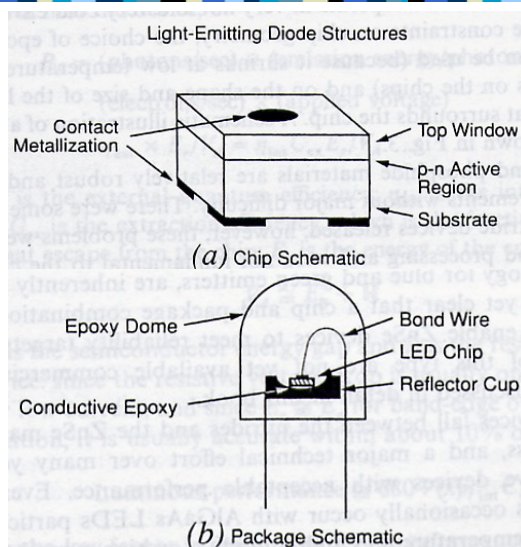
發光二極體(LED)的應用

- 液晶顯示器背光光源
- 單色/彩色顯示器
- 白光與各色燈泡
- 汽機車照明與指示燈
- 驗鈔筆/驗鈔機

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

13

LED基本結構與發光機制

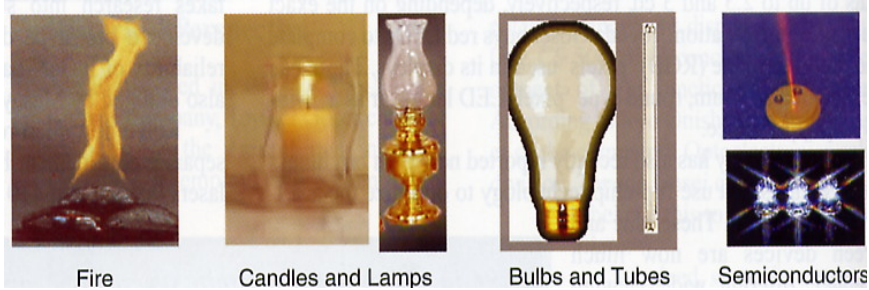


- ① 電子與電洞經由n態與p態電極注入LED元件。
- ② 電子與電洞在活性層結合，多餘的能量以光的型態釋出。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

14

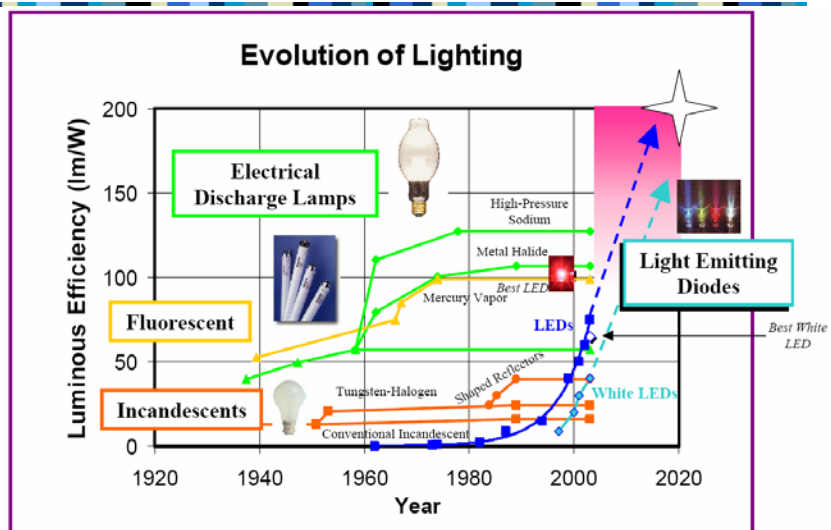
照明設備的演化過程



LED即將扮演重要的角色!!

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 17

LEDs vs. 傳統的燈具



Mike Krames, [Online]. Available: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/krames.pdf>
 2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 18

LED各類產品之應用



David Garman, [Online]. Available: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/garman.pdf>

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 19

LED於交通標誌之應用



資料來源：工研院綠能所：工研院 IEK(2010/09)

資料來源：中正大學：聯合報

台灣(左為傳統路標，右為LED路標)

台灣



資料來源：Carmanah (2010)

資料來源：信託器材(2010)

美國

日本

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 20

太陽能LED路燈模型圖



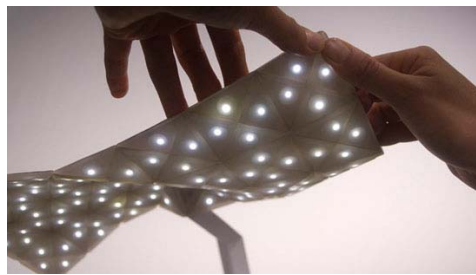
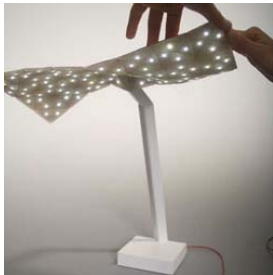
2010年1月13日，工研院邀集了璨圓、億光、一詮等近20家廠商籌組「LED路燈產業聯盟」，由工研院副院長曲新生出任聯盟會長。希望藉由聯盟的成立，在未來各國節能減碳的共同方針下，帶領本土LED路燈業者進軍兩岸和國際LED路燈市場。

Source：中國製造網，科技政策研究與資訊中心—科技產業資訊室整理，2010年1月
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 21

LED創意檯燈



Israeli designer Omri Barzeev got inspired by the night sky and created the “Starlight” – a table lamp composed of 126 LED lights set on a polygonal shape structure that one can mold freely in various shapes.



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 22

更多LED各類產品之應用



©OSRAM Opto Semiconductors



©Kodak



©Universal Display Corp.



©Lumileds



©Lumileds



©Lumileds

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 23

LED於車用產品之應用

Center high-mounted stop lamps (CHMSL)
& cargo bed lighting

Backup
lighting
and stop
lamps

License plate
illuminators

Turn signals

Signal mirrors,
approach lighting,
and exterior
security lighting

Running board &
footwell lighting



Interior Applications

- Map lamps
- Passenger reading lights
- PRNDL/gear selector lighting
- Dome lights
- Interior door lights
- Instrument panel lights & displays
- Ambience lighting
- Trunk lights

資料來源：東貝光電，2005/6

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 24

白光LED的應用(頭燈與相機照明)



Fig. 1. Applications of white LEDs. Left: a Ford concept car uses Luxeon LEDs from Lumileds as part of an adaptive lighting system that can produce different beam patterns to suit different situations such as highway, in-town or curve driving. Right: white LEDs can replace conventional discharge lamps as the flash for mobile phone cameras. The RGB multichip version can produce a variety of color temperatures.

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 25

白光LED的應用



Ledtronics include DécorLED lamps with Edison screw bases.

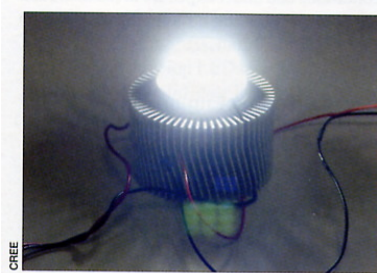


Fig. 3. This white lamp produced 1200 lm, about the same as an incandescent bulb, but with twice the efficiency.

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 26

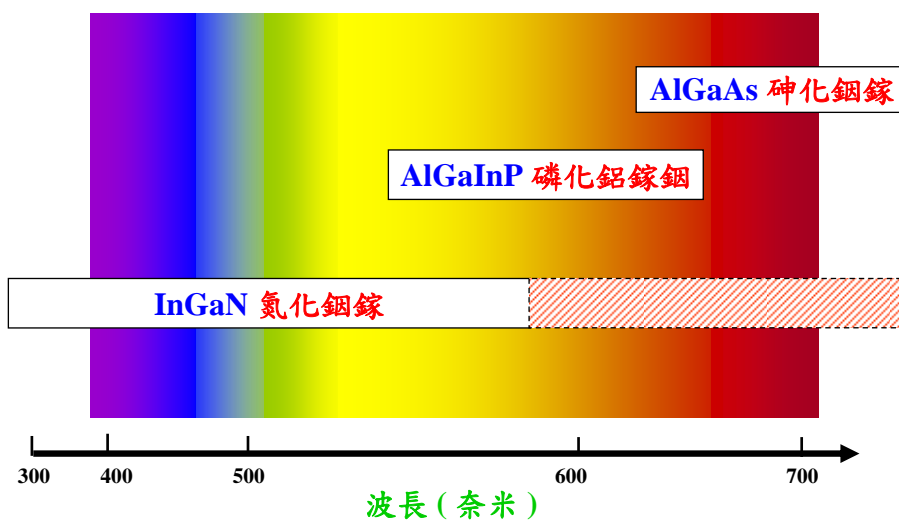
光電半導體材料

I	II	IIb	III	IV	V	VI
³ Li	⁴ Be		⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O
¹¹ Na	¹² Mg		¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S
¹⁹ K	²⁰ Ca	³⁰ Zn	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se
³⁷ Rb	³⁸ Sr	⁴⁸ Cd	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn	⁵¹ Sb	⁵² Te
⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁸⁰ Hg	⁸¹ Tl	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po

IV: Photo-detector
 III-V & II-VI: LED/LD & Photo-detector

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 27

可見光區的光電半導體材料



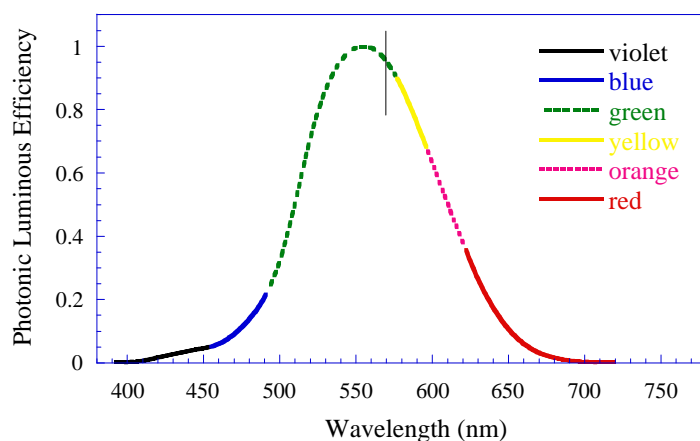
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 28

紅光至黃綠光用 AlGaInP LED

- 為了讓 AlGaInP LED 薄膜長在 GaAs 基板上晶格可以匹配，In 的含量必須佔第 III 族原子的 50%。
→ 化學式為 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$
- AlGaInP LED 直接能隙與間接能隙曲線在 555 nm 交叉，發光波長在 570 nm (黃綠光) 與 650 nm (紅光) 之間時，發光效率相當好。
- 交通號誌燈所使用的紅光及黃光 LED 均為 AlGaInP LED。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 29

人眼對光之敏感度頻譜



Human eyes are sensitive to green light (~555 nm), and hence the development of green (or yellowish green) AlGaInP LED is desirable.

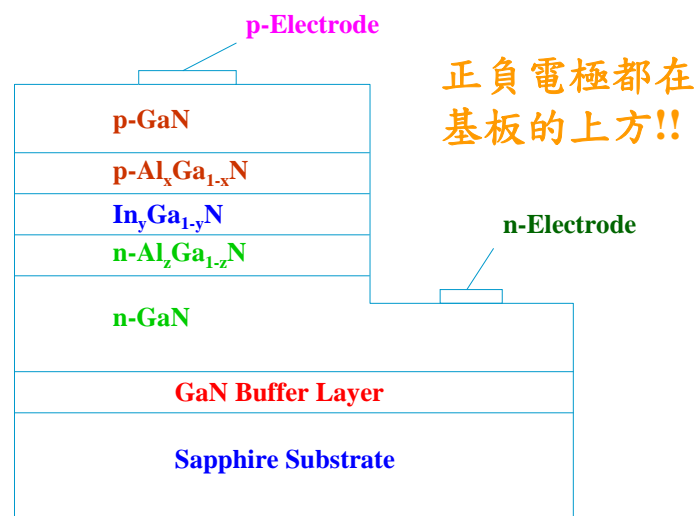
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 30

黃綠光至紫外線用InGaN LED

- InGaN LED沒有晶格匹配的基板，大部分長在不導電的藍寶石(Al_2O_3)基板上。
- 可以導電的碳化矽(SiC)也是不錯的InGaN LED基板，不過因為價格昂貴，較少被業界採用。
- InGaN LED發光範圍橫跨整個可見光區與紫外線，但是黃綠光到紅光(570 nm~650 nm)這一個波段，目前還無法和AlGaInP LED做商業性的競爭。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 31

InGaN LED的元件結構



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 32

AlGaInP與InGaN LED的磊晶方法

- 目前商業生產大多使用MOCVD(化學氣相沉積法)成長LED與半導體雷射，因為長晶速度快。
- MBE(分子束磊晶法)長晶品質佳，但長晶速度較慢。
- 在學術界MOCVD與MBE都有不少人在使用。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 33

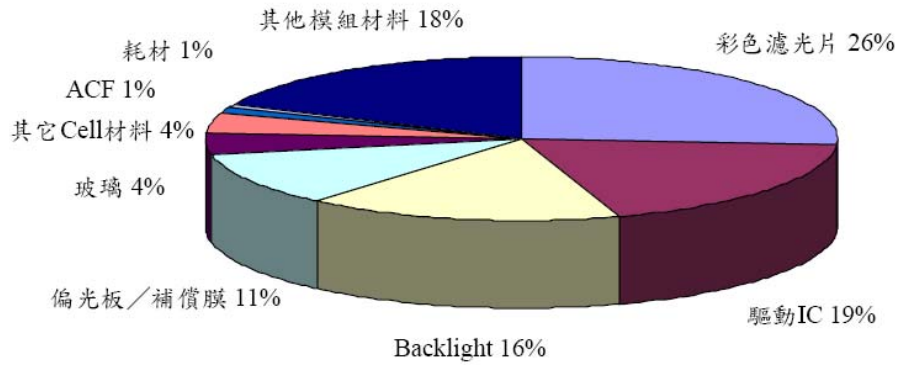
The Clusterlab 600 Research MBE System



國立彰化師範大學
奈米科技中心已於
2005年6月購入乙
台MBE!

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 34

液晶顯示器材料成本分析



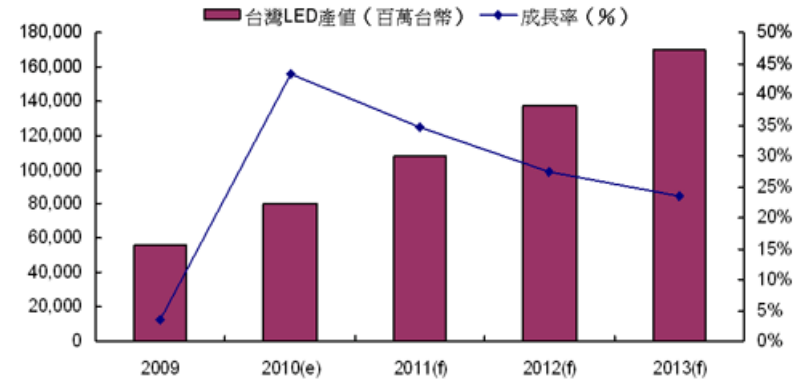
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 35

100吋液晶顯示器



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 36

我國LED市場分析



資料來源：工研院 IEK(2010/02)

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 37

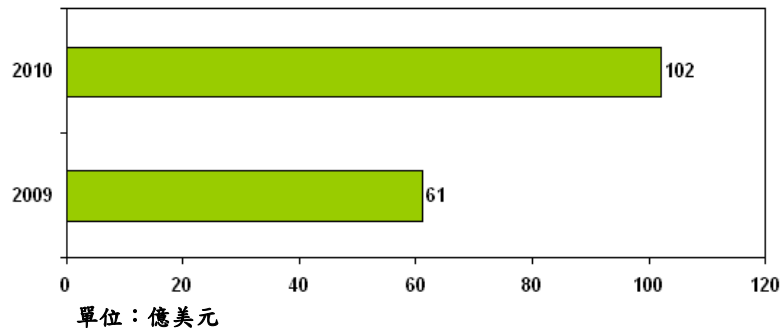
2006~2009年我國LED應用市場分析



資料來源：工研院 IEK(2010/02)

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 38

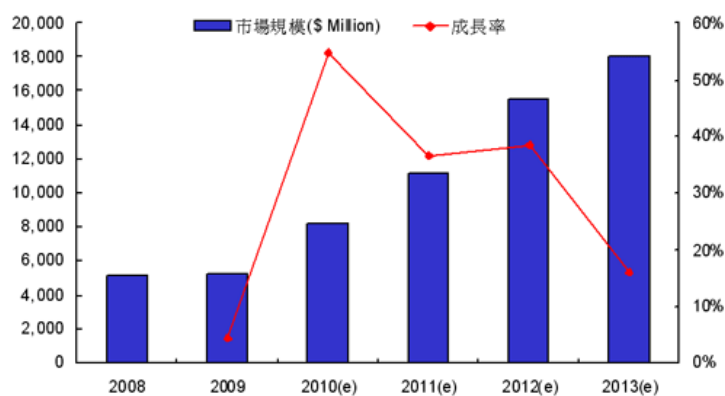
2009年至2010年LED全球市場值



根據英國研究機構IMS Research研究指出，LED的全球市場值將從2009年的61億美元成長至2010年的102億美元，年成長率高達67%。這是有史以來LED市場增加最多的一次，高達41億美元。除了LED照明市場之外，其他LED應用市場將開始於2013年出現市場值衰退的情況。主要原因在於價格的侵蝕、較好效率LED出現、以及市場飽和的緣故。

Source : IMS Research, 科技政策研究與資訊中心—科技產業資訊室整理, 2011年1月
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 39

2008~2013年全球高亮度LED市場規模預測

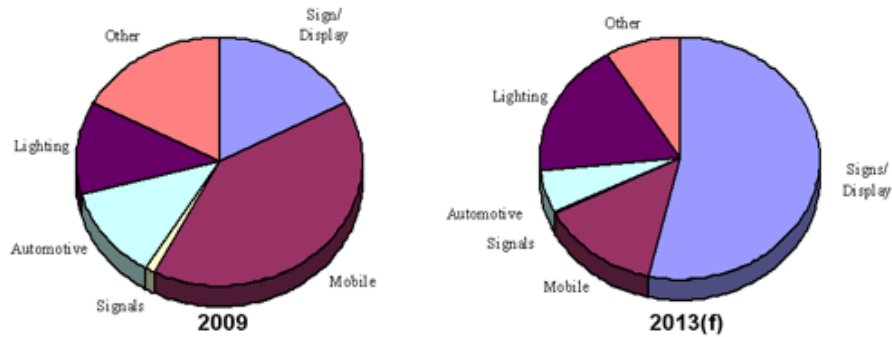


資料來源：Strategies Unlimited(2010)

根據市場機構StrategiesUnlimited機構的預測，高亮度LED的市場規模將從2009年的53億美元，成長至2013年達180億美元，年複合成長率(CAGR)為27.7%。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 40

全球高亮度LED應用市場變化

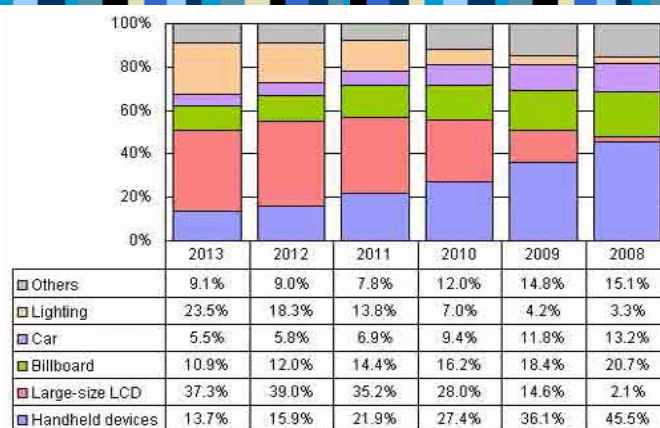


資料來源：Strategies Unlimited(2009)

高亮度LED應用市場大致可分為可攜式產品、看板/顯示器、汽車、交通號誌、照明、電子產品/其他六大領域。可攜式產品市場在手機市場趨近飽和；而看板與顯示器背光源的應用近年來快速成長，預估在背光源大幅度採用高亮度LED趨勢下，未來應用市場比例將大幅上升。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 41

2008年至2013年全球高亮度LED不同應用之比例



DIGITIMES Research 預估，全球高亮度LED市場規模在2010年達到82.52億美元，預期到2011年產值將成長至126.25億美元，年成長率估達53%，2012年、2013年全球高亮度LED產值，更將分別達到168億美元、219億美元，年增率分別仍將達30%以上。

Source：Digitimes，科技政策研究與資訊中心—科技產業資訊室整理，2011年1月
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 42

LED螢幕-北京奧運



北京奧運開幕現場最令人吃驚之處，在地上那幅卷軸不斷轉動，這就是LED螢幕所做出的效果，這個螢幕長147公尺、寬36公尺，上面有4萬4千顆LED燈，藉由電腦動畫，幻化出各種不斷流動圖案，這個螢幕經過測試，完全經得起表演人員踩踏及水淹考驗。

資料來源：http://mag.udn.com/mag/beijing2008/storypage.jsp?f_ART_ID=141367

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 43

LED天燈-上海世博台灣館



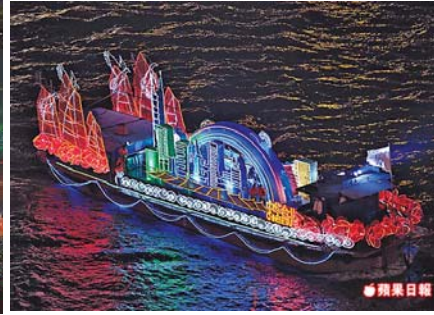
台灣館以「山水心燈」為總體概念，本身就是一座「懸掛式空中劇場」。外層的天燈燈罩由854片玻璃所組成，玻璃上貼滿「通電薄膜」，經過電壓控制，可以產生透明、霧狀等不同效果。玻璃燈罩內包著一顆重達130公噸、直徑16米的巨型球體，上面佈滿100萬顆LED燈泡。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 44

LED螢幕-廣州亞運



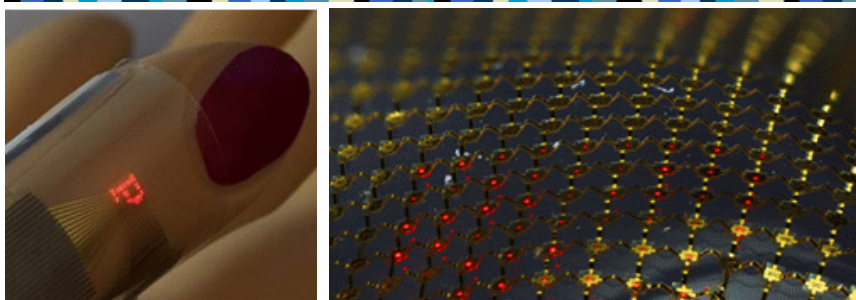
亞運聖火升起後，搭配8個全世界最大的帆船型LED螢幕。



廣州亞運開幕，代表中華台北的花船上設計有101大樓的地標。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 45

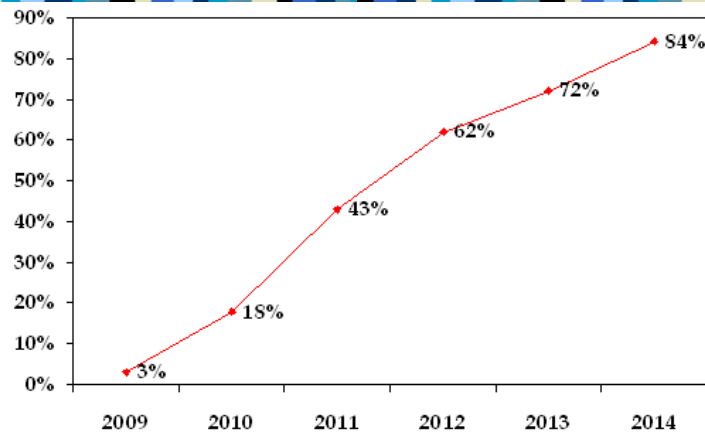
LED應用於可彎曲螢幕



- **左圖**：科學雜誌（**Science**）發表了一篇關於LED的突破性研究，不僅達到超薄、超小且具易曲性，並且可以應用在筆記型電腦螢幕、甚至醫學影像裝置。
- **右圖**：將晶圓上的LED直接列印在基板上，這些LED之間能夠互連。

資料來源：D. Stevenson and C. Conway, Beckman Institute, University of Illinois, 2009年08月
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 46

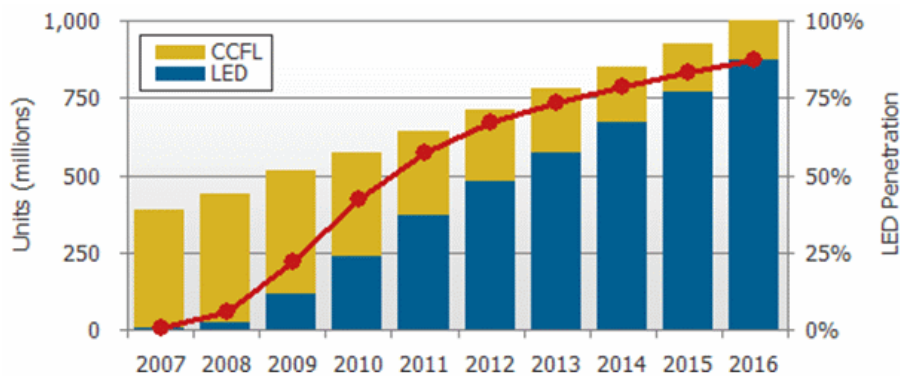
LED液晶電視佔全部液晶電視之比例



從2006年開始液晶電視步入快速成長期，接下來就是LED液晶電視來取代CCFL液晶電視，預估2010年LED電視的滲透率達18%，相當於3400萬台。

Source : WitsView, 科技政策研究與資訊中心—科技產業資訊室整理, 2010年12月
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 47

10吋以上LED背光TFT液晶面板出貨與滲透率



市場研究機構DisplaySearch指出，隨著LED背光源導入大尺寸液晶面板後，需求持續加溫。根據統計，2009年全球10吋以上之大尺寸液晶面板採用LED背光源出貨量約1.14億片，滲透率仍低於25%，預計2011年LED背光滲透液晶面板比例突破50%。

Source : DisplaySearch, 科技政策研究與資訊中心—科技產業資訊室整理, 2011年1月
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 48

什麼樣的顯示器是我們期待的呢?



隨身穿戴的彈性用途



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

49

有機發光二極體(OLED)顯示器

- 傳統的CRT陰極射線管螢幕厚重、佔體積，因此已逐漸被厚度較薄且大尺寸的PDP電漿顯示器及LCD液態晶體(液晶)顯示器所取代。
- 另外一項新技術：**OLED** (有機發光二極體)。OLED是Organic Light-Emitting Diode的簡稱，是一種有機電激發光元件。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

50

OLED顯示器發展簡史

- 1963年，Pope發表了世界上第一篇有關OLED的文獻，當時使用數百伏特的電壓通過Anthracene晶體時，觀察到發光的現象。但由於其過高的電壓與不佳的發光效率，在當時並未受到重視。
- 1987年，美國柯達公司的 C. W. Tang 及 Steve Van Slyke 等人發明以真空蒸鍍法製成多層式結構的OLED元件的小分子OLED元件後，大幅提高了元件的性能，其低操作電壓、與可使電洞電子侷限在電子傳輸層與電洞傳輸層之界面附近再結合高亮度的商業應用潛力，吸引了全球的目光。
- 1990年，英國劍橋大學的Friend等人成功的開發出以塗佈方式將多分子應用在OLED上，即Polymer LED(簡稱PLED)，不但再引發第二波研究熱潮，更確立了OLED在二十一世紀產業中所佔有的重要地位。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 51

OLED顯示器的優點

- 自行發光、不需背光源
- 高亮度 ($> 100,000 \text{ cd/m}^2$)
- 反應時間快(μs)、沒有殘影現象
- 製作容易、輕薄(2 mm)、寬視角($>170^\circ$)
- 寬廣操作溫度範圍、低驅動電壓(3-9 V)
- 色彩豐富、高對比、低價
- 可撓曲、可做多樣化形狀及尺寸
- 符合環保潮流(不含Hg→2006年停用)

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 52

OLED的可能應用領域

- TFT-LCD 背光光源
- 平面顯示(電子報紙等)
- 平面光源照明
- 曲面顯示器(廣告看板)
- 可撓曲式顯示器

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 53

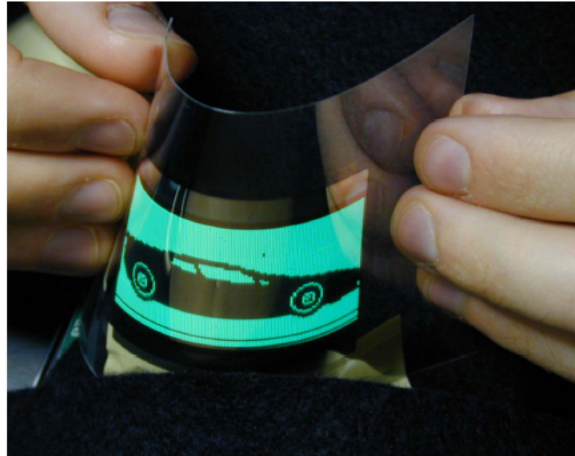
OLED目前主要應用產品



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 54

可撓曲式單色OLED

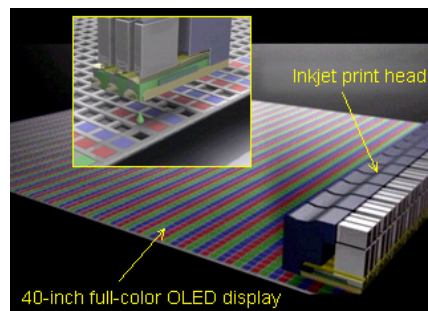
FOLED-based Pixelated, Monochrome Display



Source: UDC, Inc.

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 55

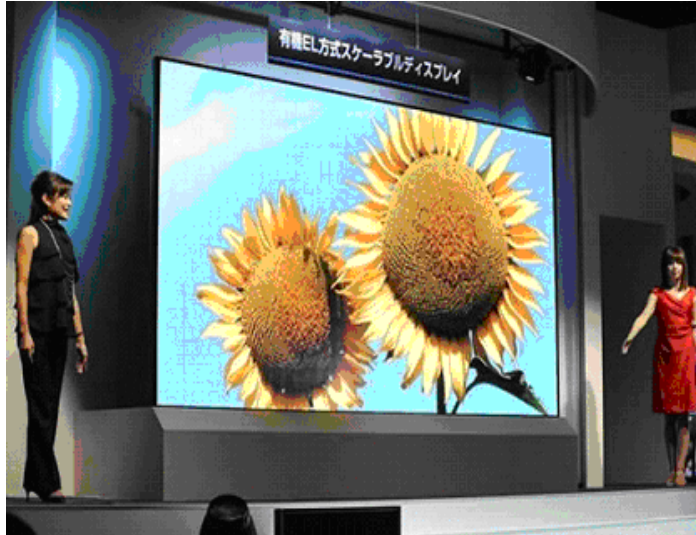
Seiko Epson 40吋OLED全彩顯示器



日本Seiko Epson公司於2004年5月發表了40吋OLED全彩顯示器，為當時世界最大的OLED全彩顯示器。與以往一般小分子OLED所使用的蒸鍍製程不同的是，該項產品採用高分子OLED噴墨印刷技術。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 56

三菱電機AMOLED模組所組成100吋大螢幕



資料來源:
三菱電
機, 2010
年9月

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 57

Lumiotec



圖一、Lumiotec 五片 15cm×15cm 白光 OLED 組成的光源

- 這是一家於2009年5月新成立的公司，全世界第一家以發展OLED照明為目標的公司，公司股權分屬三菱重工、ROHM、凸版印刷、三井物產及城戶淳二。

資料來源: FINETECH JAPAN 2009

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 58

Lumiotec



圖二、Lumiotec 三片 15cm×15cm 再加上三片 17.6cm×5.2cm 白光 OLED
所組成之吊燈

資料來源: FINETECH JAPAN 2009

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 59

Lumiotec



圖三、Lumiotec 三片 16cm×3.8cm 白光 OLED 組成之吧台吊燈

圖四、Lumiotec 16cm×3.8cm 白光 OLED 組成之檯燈

資料來源: FINETECH JAPAN 2009

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 60

NeoView KOLON



NeoView KOLON 車
用型之Transparent
Area Color Display
穿透率為77%。

資料來源: FINETECH
JAPAN 2009

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 61

目前OLED的發展瓶頸

- OLED發光材料普遍呈現色彩純度不足的現象
- 有機層材料壽命短
- 大尺寸面板開發困難
- 專利的問題有待克服

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 62

太陽能電池

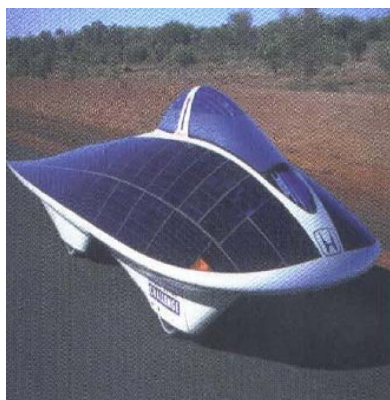


南台科技大學
太陽能電動車

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

63

太陽能車應用例



●資料來源: PV Special Research
Centre, UNSW, Australia



●資料來源: National Chiao-Tung
University, Taiwan

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

64

太陽電池行動電源產品



太陽能MP3隨身聽：於MP3上加裝太陽能面板，透過太陽能面板吸收太陽能後轉換為電力並儲存於鋰電池中。



太陽能筆記型電腦：利用內建的太陽能基板吸收陽光或是燈光後，透過半導體輸出將熱能轉換成電量，將電能儲存在電池中。

資料來源：電子時報、微星科技2006年3月

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 65

太陽能電池充電器



日本NTT DoCoMo公司在2004年2月中發表的口袋能源Pocket Energy，用太陽能為你的手機、PDA、Game boy、MP3播放器及其他移動設備充電。

<http://www.pdasky.com/infoimg/2004218101664.gif>

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 66

太陽能背包



鍊德IE-B001太陽能包:在太陽能背包的正面，安裝了一塊太陽能吸收板。能有效的吸收太陽能並通過內置轉換器，轉換成電能為隨身的電子設備進行充電。

資料來源：http://www.ritex.com.tw/p03-19_2.htm#

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 67

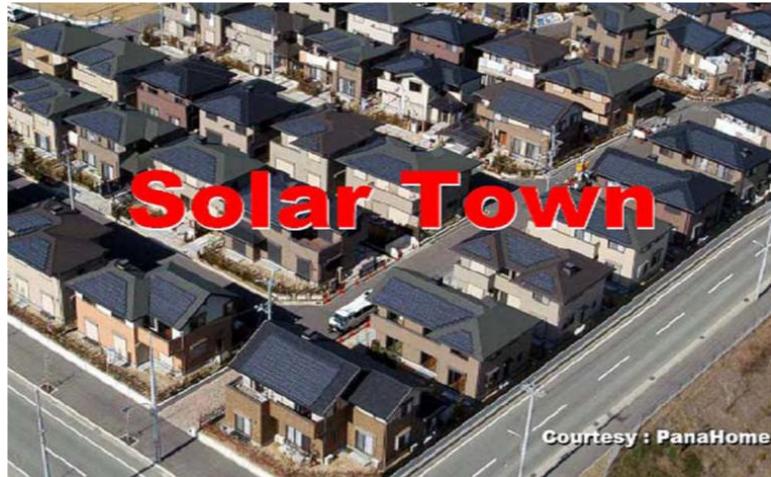
德國陽光社區



資料來源：工研院材料所德國拍攝，93年05月

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 68

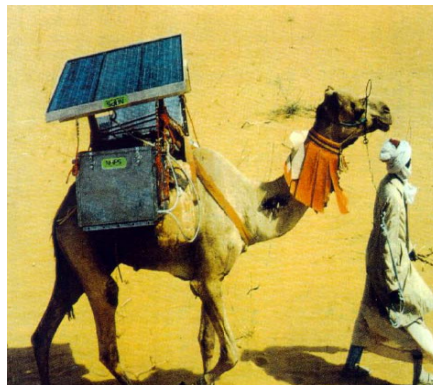
日本住宅區太陽光電系統技術發展



資料來源：[SEMI Photovoltaic Technology Symposium, Dec. 09, 2005](#)

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 69

太陽光電在偏遠地區應用



資料來源：[Shell Solar](#)，93年5月

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 70

公共藝術造型太陽光電建築



資料來源：工研院材料所瑞士拍攝，93年6月

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

71

經濟部能源局補助設置太陽光電系統



經濟部能源局補助設置，2005年

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

72

金門縣烈嶼鄉太陽光電系統



金門縣立烈嶼國民中學裝置容量： $\geq 10\text{kWp}$ 。總片數60、併串聯數12串6併，經濟部能源局補助設置，2005年12月

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 73

太陽能照明燈

太陽能照明路燈



彩色太陽能地磚燈



太陽能庭園燈



太陽能LED恆亮式埋地燈



資料來源：<http://www.a8a8.com.tw/>

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 74

2008年各類初級能源可開採年限統計

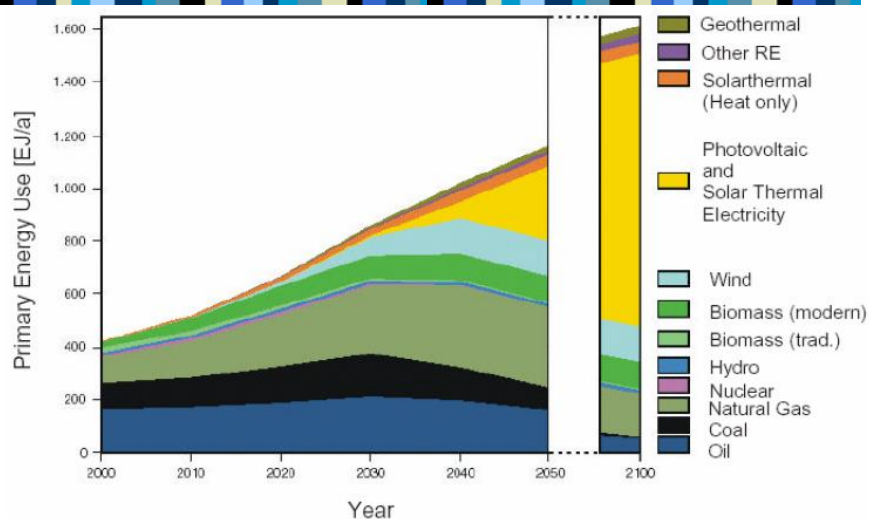
種類	年度	蘊藏量 (Reserves)	生產量 (Production)	可開採年限 (R/P ratio)
石油		1,259.0 十億桶	8,162.0 萬桶/日	42.0
天然氣		185.02 兆立方公尺	3,065.6 十億立方公尺	60.4
煤炭		826,001 百萬噸	6,781.2 百萬噸	122

資料來源：BP, BP Statistical Review of World Energy, June 2009。

台灣所使用能源，98%仰賴進口，影響更巨！

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 75

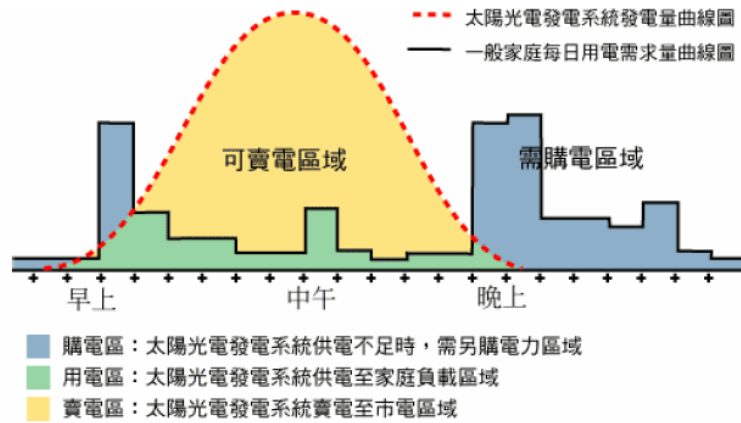
全球主要能源需求預測



Source : German Advisory Council on Global Change, 2003

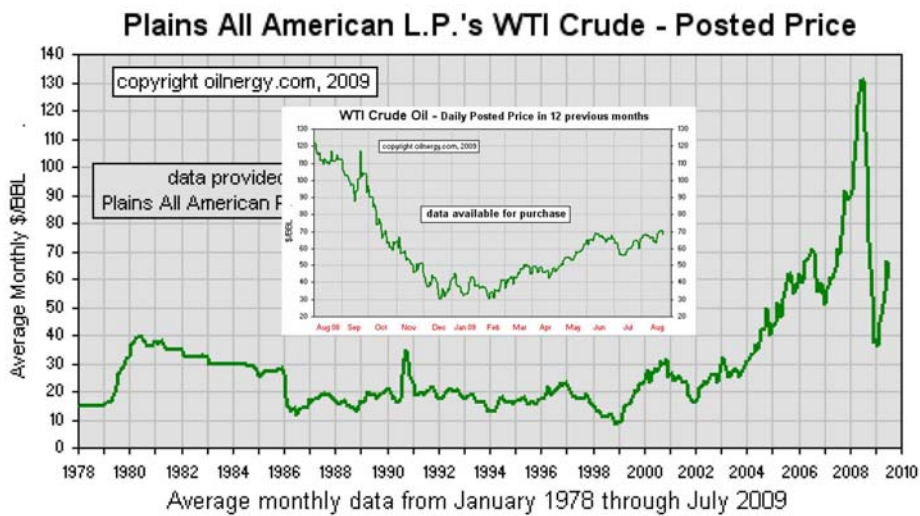
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 76

太陽能光電發電系統



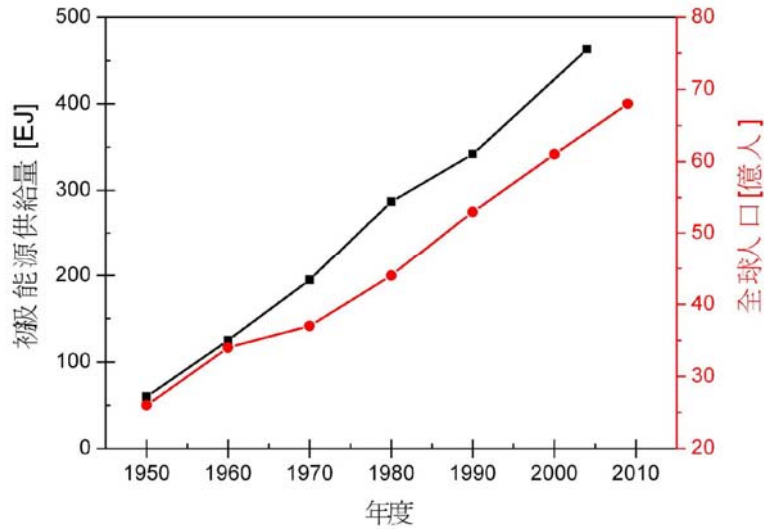
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 77

過去三十年原油價格



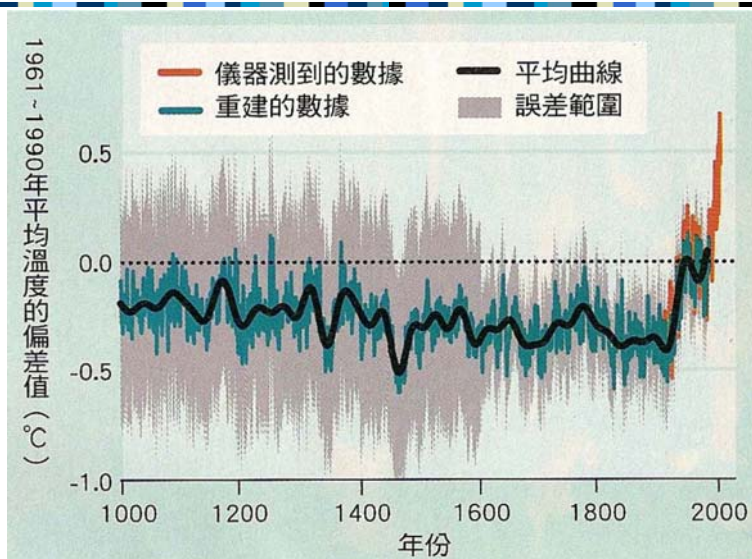
2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 78

初級能源消耗量與全球人口成長



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 79

地球表面溫度變化



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 80

排碳與溫度上升的問題

■ 溫度持續上升的問題急待克服

至2050年時，全球經濟將是目前的4倍，能源需求是1.7倍，CO₂排放量是2.3倍，全球溫度將升高6 °C或更高！

■ 欲改變能源結構與排碳趨勢

一般做法：提高能源效率

積極做法：提供化石能源以外的新能源

資料來源：能源國家型科技計畫報告說明書，2009

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 81

太陽能光電的發展潛力

可利用太陽能與全球用電量比較

再生能源	數量 (Z = 10 ²¹)
可利用太陽能	3850 ZJ
海洋所吸收太陽能	285 ZJ
風力發電	6 ZJ
生質能 (由太陽能轉換)	1.8 ZJ
2004全球用電量	0.471 ZJ

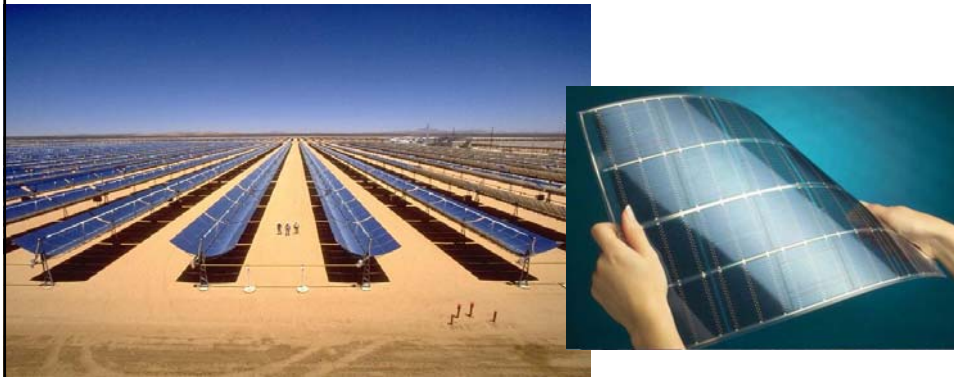
註：1度 = 3.6 MJ，其中M= 10⁶
Source: wikipedia.org, 2008/01.

- 比較上表可以發現，若將一年之太陽能全部收集，可讓全部人類使用8,000年。
- 太陽能電池所產生電力之成本仍無法與目前的電力價格競爭，除非有其他因素（例如：個人環保意識抬頭，或是政府補助，地區偏遠無電力供給），一般使用者是不會考慮使用太陽能電池之替代能源的。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 82

太陽能電池發展簡史

- 第一個太陽能電池於1954年誕生於美國貝爾實驗室。
- 1973年能源危機爆發後，各國政府與企業都開始投入替代性能源的研發，太陽能電池才開始蓬勃發展。



Concentrator Solar Farm in New Mexico, USA

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 83

歐美能源政策

- 歐盟能源政策：「三個20%」的減碳政策，在2020年時
 1. 排碳量比1990年還少20%；
 2. 再生能源佔總能源用量20%；
 3. 減少化石能源使用量20%。
- 美國歐巴馬政府能源政策：
 1. 未來十年內，策略性投資1500億美金，以創造500萬新工作，並誘導民間力量投入建立潔淨能源產業；
 2. 未來十年內，節省石油用量超過目前自中東與委內瑞拉進口總量；
 3. 2012年之前，10%美國電力來自再生能源，2025年之前達25%；
 4. 2015年之前，100萬輛美國製每加侖跑150英哩的油電混合車上路；
 5. 2050年之前，減少溫氣排放達80%。

資料來源：能源國家型科技計畫報告說明書，2009

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 84

我國政府能源政策

行政院於2008年6月提出三項能源政策

減碳政策：CO₂ 排放量需有積極的政策與技術突破

1. 在2016-2020年間將降至2008年的水平；
2. 在2025年降至2000年的水準；
3. 在2050年則降至2000年的50%。

能源結構政策：需增加再生能源佔比

- 2025年全國低碳能源佔比超過55%。

節能政策：需有效的能源政策

- 2009-2016年之八年間，每年節能2%。

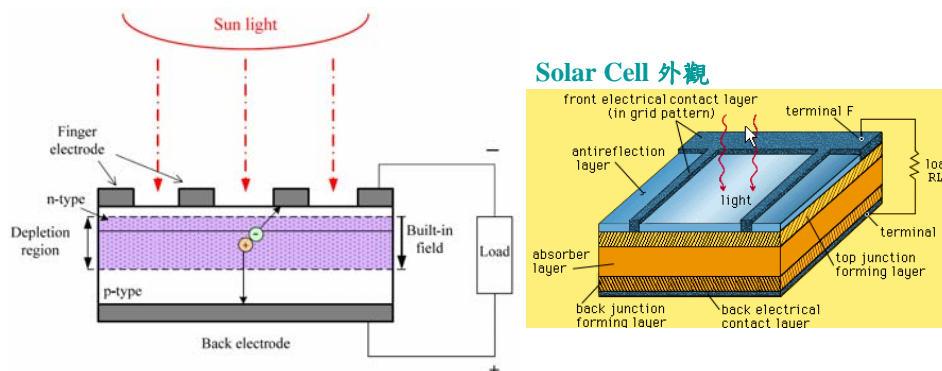
資料來源：能源國家型科技計畫報告說明書，2009。

2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

85

太陽能電池工作原理

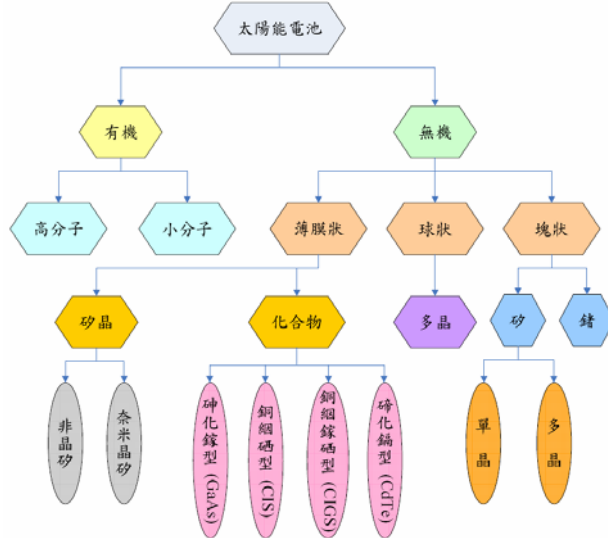
- **光伏效應**：當一個p-n 接面的二極體被光照射以後，吸收能量大於材料能隙的光子，產生出電子電洞對。此電子電洞對受到界面處的內建電場影響，被分離至元件兩端(電子跑到n側，電洞跑到p側)，形成光生電壓。



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師

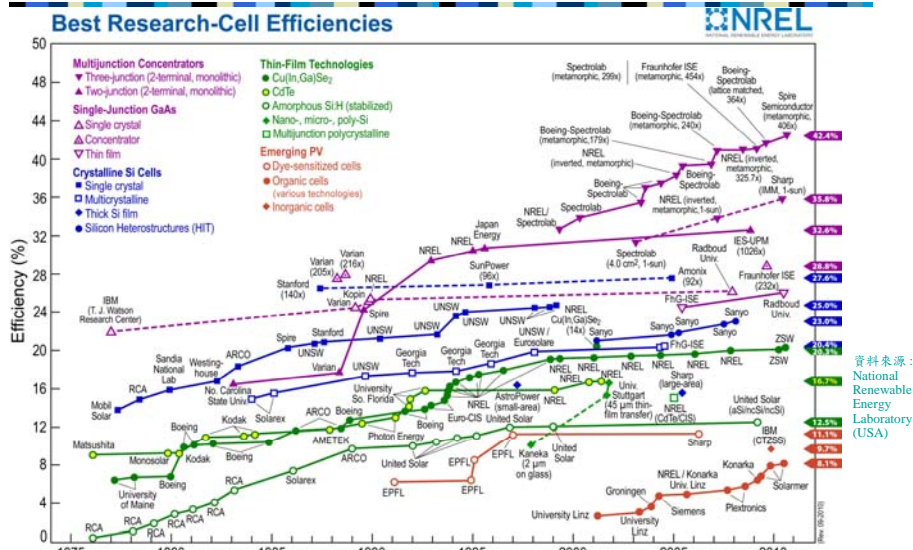
86

太陽能電池種類



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 87

各種太陽光電池的效率



2011/05/06 工程與生活 -- 光電半導體元件簡介 / 物理系郭艷光老師 88