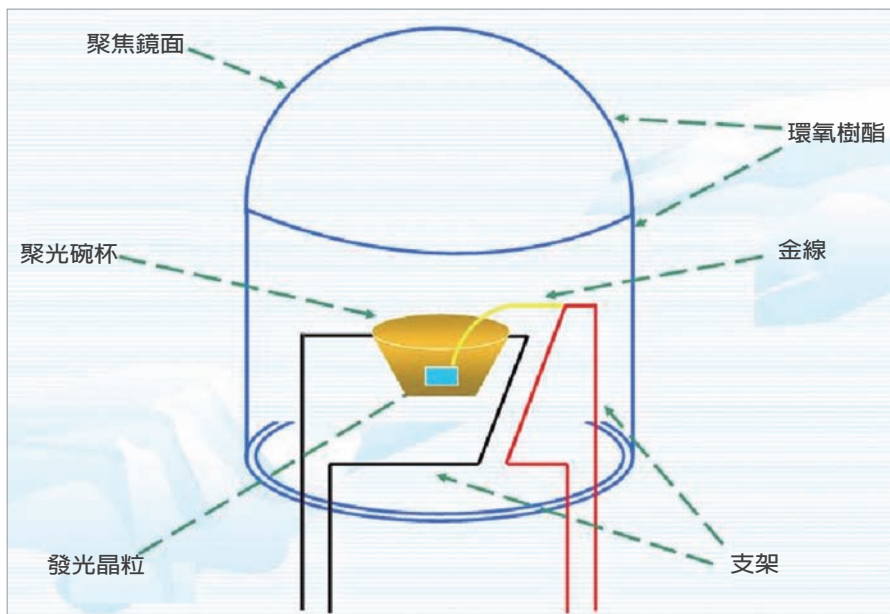


認識 發光二極體

■ 潘錫明

發光二極體這個讓台灣揚眉吐氣的產品，
到底是何方神聖？
為什麼能夠環保節能，
還能帶給我們豐富的色彩？

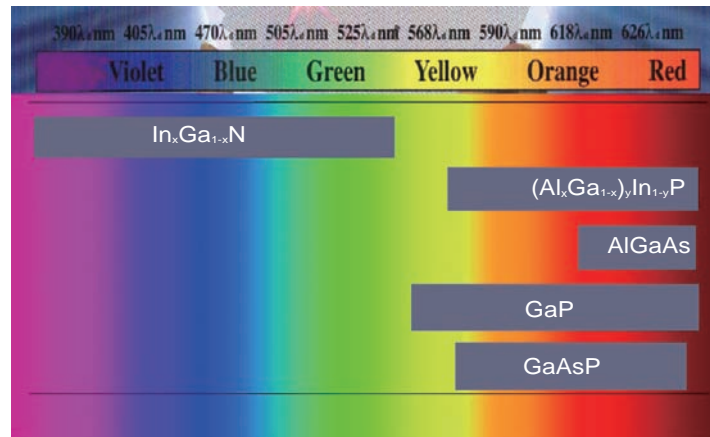
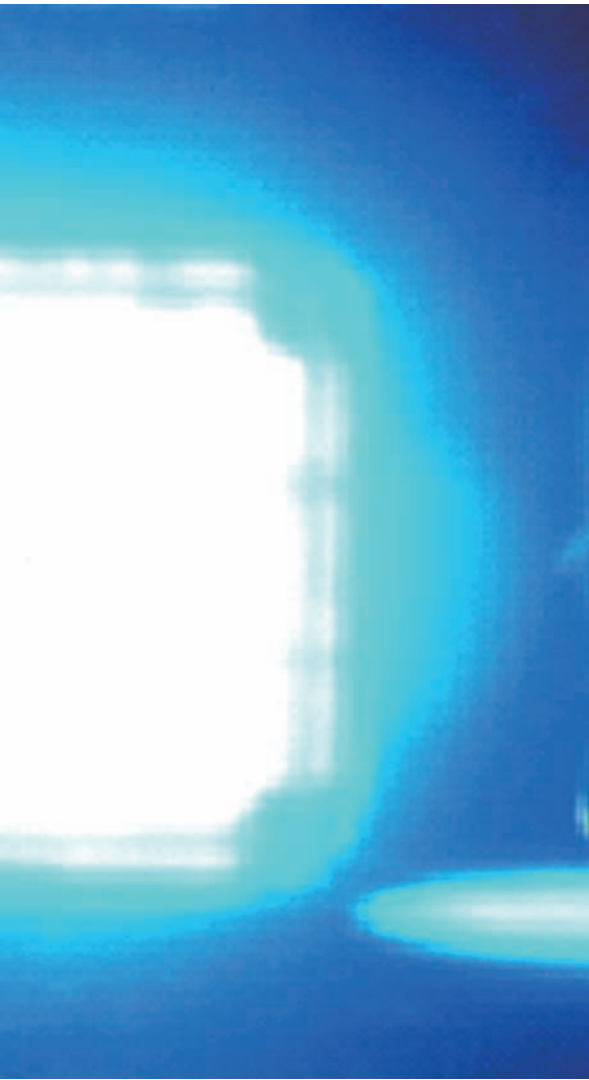
我對著同事
吆喝著：「你節
能環保了嗎？」
同事微笑著點點
頭，指著腳下踩
的腳踏車回答
我：「當然，我



典型的發光二極體

身體力行呢！」我
倆相視而笑，一起
踏入公司。進了辦
公室，望著桌上新
買的LED檯燈。同
事笑著對我說：
「看吧，我節能是
不是做的很徹底呢？」
我看著他滿意的表
情，也跟著開懷大
笑起來。

發光二極體這個
逐漸被重視的產
業，已讓台灣多了
一個LED王國的稱



不同材料LED 對應的發光波長

業的27%，且比率仍在逐年提升中。這個讓台灣揚眉吐氣的產品，到底是何方神聖？為什麼能夠環保節能，還能帶給我們豐富的色彩？舉凡行動電話、液晶顯示器面板、交通號誌，甚至是生活居家用品，到處都有它的足跡，它的優勢到底是什麼？又為何如此地吸引人？

何謂發光二極體

一個典型的發光二極體，包含晶粒、封裝體、金線、支架等，主要發光的部分則是封裝體裡面的晶粒。封裝體的主要成分是環氧樹脂，用來固定支架，且可以把封裝體的頂端製成可聚光的透鏡，以控制LED的發光角度。金線是把電流由支架導入發光晶

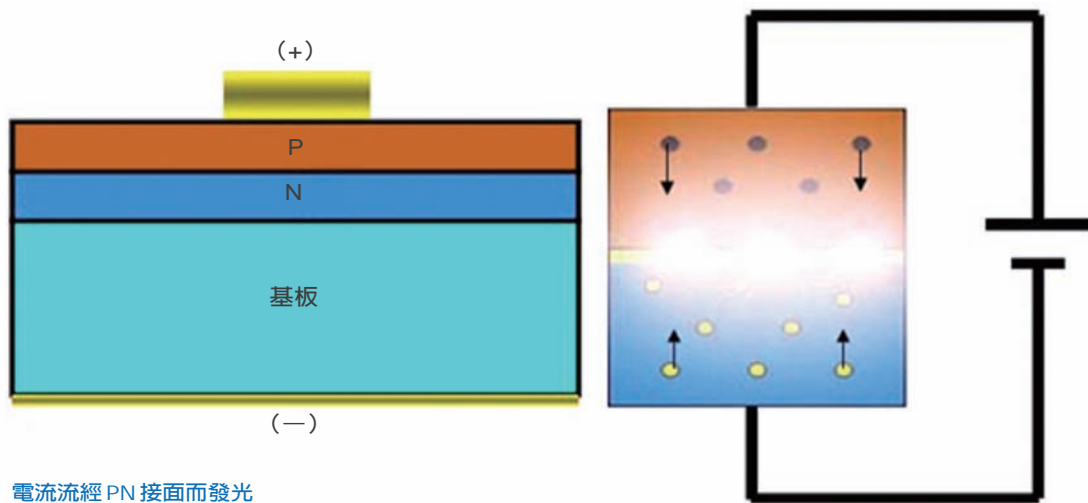
粒，聚光碗杯則是把LED發出的光線反射至上方出光，以增加發光效率。隨著應用的不同，封裝體可以任意改變成為不同的型態。

一顆LED的主要發光源是晶粒，而晶粒依材料不同會發出不同波長，也就是不同顏色的光。可見光的波長範圍從400奈米到700奈米，依序是紫、靛、藍、綠、黃、橙、紅。以氮化鎵LED為例，它可以發出藍光或綠光，鋁鎵磷LED則可以發出紅光、綠光或黃光。諸如此類，可以利用材料的選擇製作出不同色光的發光二極體。

LED的發光原理

LED是利用電能轉化為光能的方式發光。發光二極體晶粒的組成材料是半導體，其中含有帶正電的電洞比率較高的稱為P型半導體，含有帶負電的電子比率較高的稱為N型半導體。P型半導體與N型半導體相接處的界面稱作PN界面。在發光二極體的正負極兩端施予電壓，當電流通過時，會使得電子與電洞結合，結合的

在發光二極體的正負極兩端施予電壓，當電流通過時，會使得電子與電洞結合，結合的能量便以光的形式發出，依使用材料的能階高低決定發光的波長，因此就會發出不同顏色的光。



電流流經 PN 界面而發光

能量便以光的形式發出，依使用材料的能階高低決定發光的波長，因此就會發出不同顏色的光。

大多數的發光二極體歸類於三五族半導體，因為它們的組成元素屬於周期表中的三族及五族，三族元素如鋁、鎵、銦等，五族元素如砷、氮、磷等。磷化鎵與鋁砷化鎵，因為亮度低，開發時間早，且內含2種或3種元素，多稱為傳統二元或三元LED。而鋁銦鎵磷因發光亮度較高，且由4種元素組成，多稱為四元LED。氮化鎵材料則因為可以發出以上材料不能發出的藍光，一般另稱為氮化物LED。

LED的製作方法

發光二極體主要由晶粒發光，在此以氮化鎵LED為例，簡介其中晶粒的製作方法。

發光二極體是半導體材料，需要先進行磊晶成長，也就是在基板上成長P型及N型半導體。氮化鎵LED多成長在藍寶石基

板上，成長的方法以有機金屬化學氣相沉積法（metal organic chemical – vapor deposition, MOCVD）為大宗。

MOCVD是用來沉積出薄膜的技術，這薄膜可能是介電材料（絕緣體）、導體或半導體。在進行化學氣相沉積時，把含有被沉積材料的氣體，導入受到嚴密控制的反應室內。當這些氣體在受熱的基板表面上起化學反應時，會在基板表面產生一層固態薄膜。

成長完氮化鎵磊晶片後，需要進行晶粒製程，把磊晶片製成一顆顆的發光二極體晶粒供下游封裝。

晶粒製程可分為電極製作的前段製程，以及把磊晶片分割為獨立晶粒的後段製程兩部分。前段製程包含許多黃光、蒸鍍、蝕刻、剝離等製程，因此需要在無塵室等級的環境下製作。而後段製程需要避免製作過程中的靜電損傷元件，因此特別注重靜電防護的問題。

氮化鎵LED使用的基板材料是藍寶

有機金屬氣相磊晶



氮化鎵發光二極體磊晶片成長流程，圖中MQW是multiple quantum well (多量子井)的縮寫，PL (photo luminescence) 是光激發光譜儀，用來量測待測材料結構的發光光譜。

石，因為藍寶石不導電，無法在上面製作電極，必須利用較複雜的技巧把正負兩電極製作在同一平面上，使得製程較為繁雜。一般做法是使用乾式蝕刻機把表面的P型半導體部分區域挖除，露出底下的N型半導體，

再在P及N型半導體上製作電極，使得電流可以導通而發光。

發光二極體的優點

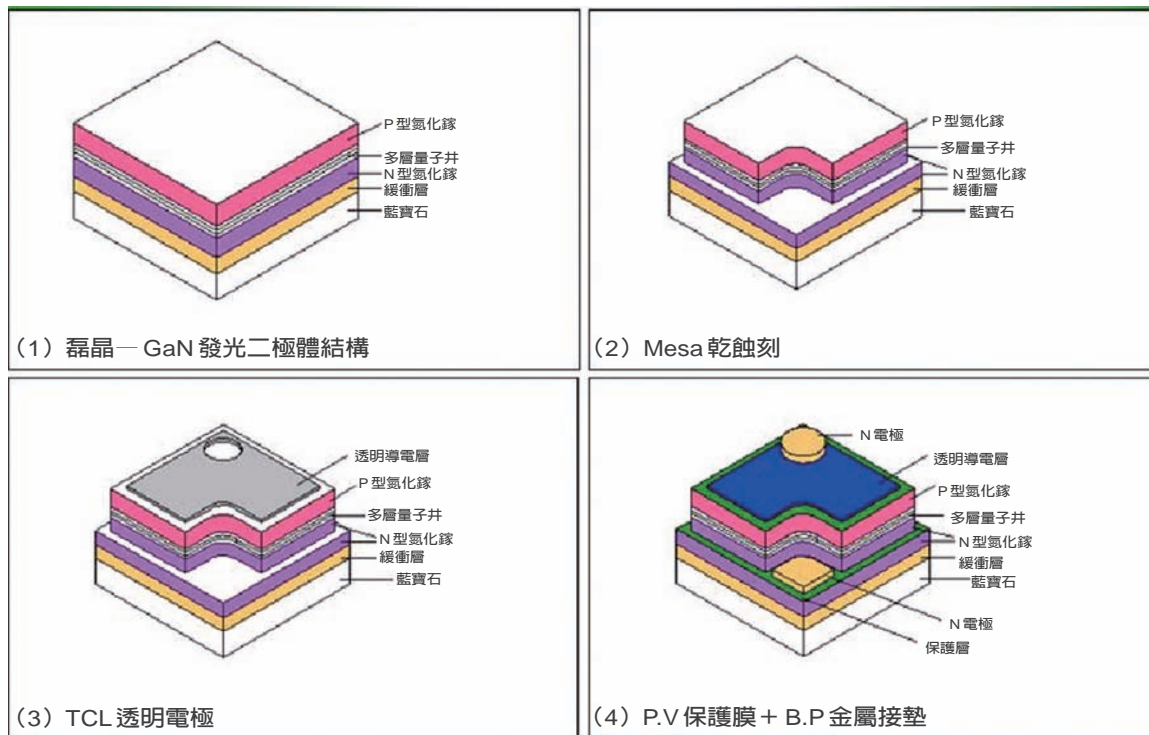
發光二極體的發光型態屬於冷光，是利用電子電洞對復合發光，不像傳統燈泡需要把燈絲加溫到很高的溫度而發光，因此不會有太多的能源消耗，可達到節能的目的。而且因為發光機制的不同，使用壽命遠較傳統光源長（約10萬小時），所以在許多維修不易且需要光源的地方，LED是很好的選擇。

在應用上，發光二極體體積自由度大，最小的封



成長完畢進行測試的氮化鎵磊晶片

發光二極體的發光型態屬於冷光，是利用電子電洞對復合發光，不像傳統燈泡需要把燈絲加溫到很高的溫度而發光，因此不會有太多的能源消耗，可達到節能的目的。



晶粒製程流程 圖 (1) 中的磊晶結構圖 (2) 中的高台 (或高原 mesa) 蝕刻，再如圖 (3) 所示鍍上透明電極，其中TCL是透明導電層 (transparent conductor layer) 的縮寫，最後如圖 (4) 所示加上保護膜和金屬接墊。製作完成的發光二極體晶粒由於體積相當小，無法單獨拿取保存，因此多使用膠膜做為晶粒的承載物。

裝體可以小至數個立方毫米，能夠配合應用端設計出適當的尺寸，這是傳統光源所不及的。此外，發光顏色純度佳，可以提供良好的單色光源，若搭配紅綠藍三原色，更可以創造全彩的光。反應速度快，可做為訊號傳輸用，也是它的優勢。

白光LED

使用單純的發光二極體晶粒僅能發出各種顏色的純色光，若要發出白光，則必須利用混光的方式。現今多以顏色的互補原理，利用氮化物LED 發出藍光，搭配可發出黃光的螢光粉混合出白光。這項做法可以方便地製作出不同色溫的白光LED。

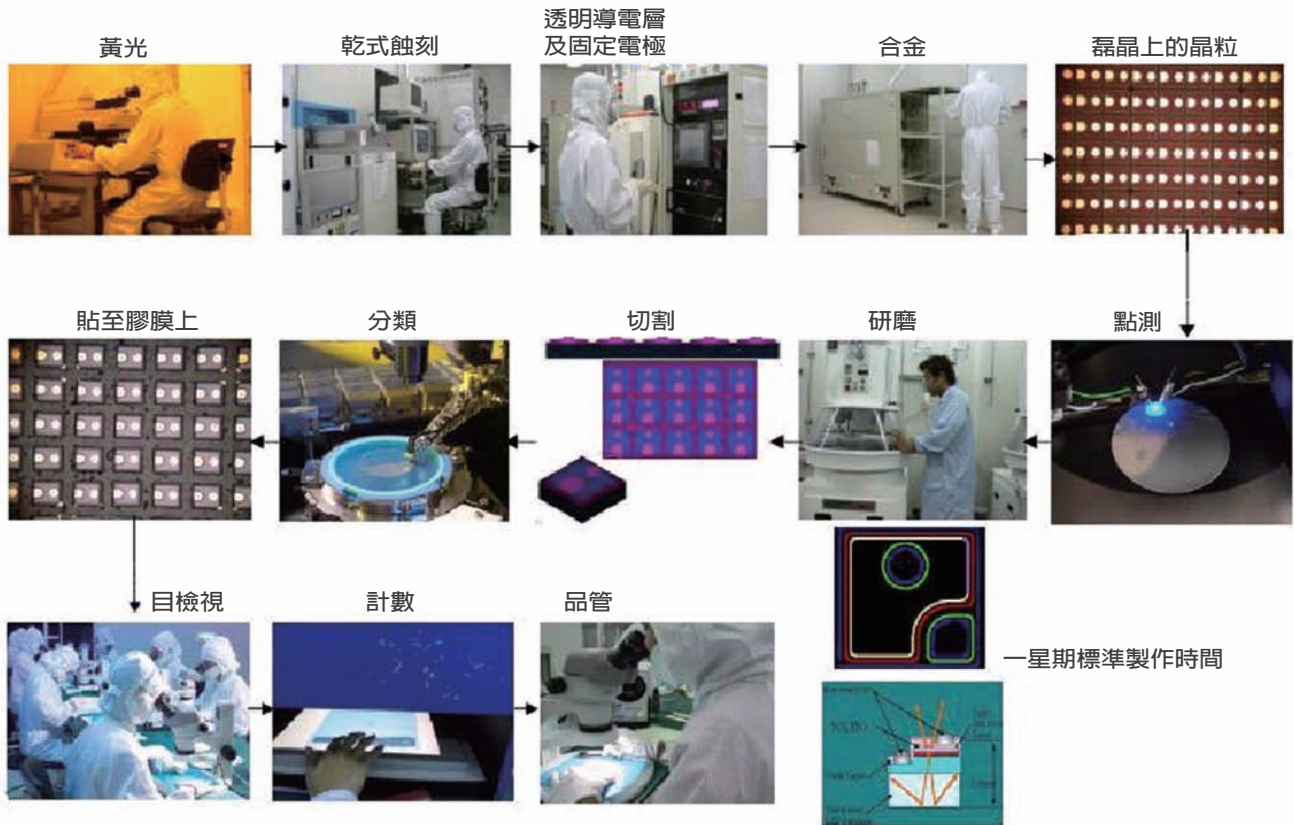
傳統的照明光源，像是白熾燈泡、日光

燈等，雖然普及，但都有不可避免的缺點。例如白熾燈泡雖然價格便宜，製作簡單，但發熱量大，效率差，壽命短，且易破損。日光燈雖較白熾燈泡省電，卻有嚴重的重金屬廢棄物污染的問題，在今日節能減碳的訴求下，兩者已不符需求。相較之下，具有環保省電高效率的白光LED，便成了一個令人期待的新世紀產物。目前白光發光二極體的效率最高可達近 100 lm/W，已遠超過白熾燈泡的 15 lm/W，與日光燈不相上下，惟製作成本仍較高。

LED 的應用現況

發光二極體在這幾年的發展非常迅速，以台灣來說，大至城市精華地段的大型顯示

根據經濟部工業局的統計，台灣所有的照明用電約占總用電的 16%，若可以全面更換為 LED 燈，估計每年可省下 110 億度電，大約是 1 座核能發電廠的年發電量。



完整的氮化鎵發光二極體晶粒製作流程

看板、街道上的交通號誌、汽車用第三煞車燈，小至手機開機指示燈、螢幕背光源、以及日常生活中的檯燈、小夜燈等，都已逐漸由 LED 取代傳統光源。

除了以上的應用外，最受期待的莫過於照明市場。根據經濟部工業局的統計，台灣所有的照明用電約占總用電的 16%，若可以全面更換為 LED 燈，大約可節省 50% 的能源，估計每年可省下 110 億度電，大約是 1 座核能發電廠的年發電量。而且取代日光燈後減少重金屬污染，也是重要的貢獻。

目前在各大 LED 廠商及研究單位的持續努力下，按照美國能源部的預估，白光發光二極體的發光效率在 2010 年將可達到

120 lm/W，且製造成本有機會與傳統燈具競爭，而開始逐漸取代傳統光源。長遠來說，發光二極體有極大的機會在未來的世代提供人類光明。

節能環保，這個日趨受重視的議題正影響著我們的生活，畢竟人類蹂躪了地球這麼久，也該對這個生存已久的環境帶點愧疚之意。任何對地球有益的事，都應該加速進行。LED 不只是新的光源，也將帶領著地球邁向健康的時代，讓我們期待新的階段，新的光明！ □

潘錫明
璨圓光電研發處