

多種顏色的發光二極體

本系列介紹一些有趣的科技大發現與發明故事，這些靈機一動的突破思維常帶來創新的工具、方法、理論等，也促進了人類的福祉。

# 節省能源— 照明設備的發明

■ 林天送

照明設備的研發由白熱燈、日光燈到藍色的發光二極體，歷時130年，最後的贏家是……

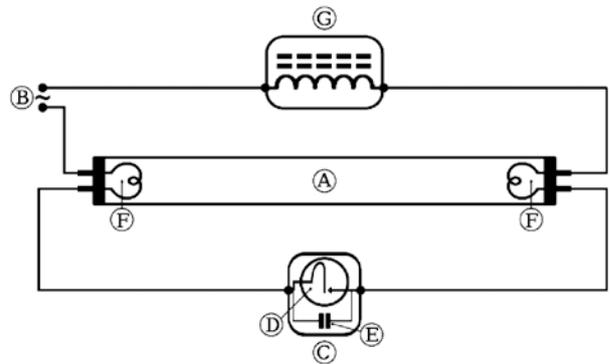
## 小檔案

電燈泡的初始英文名字是incandescent lamp（白熱燈），靠電流把燈絲加到高溫（白熱化）而放光，是依循黑體輻射（blackbody radiation）的物理原理。當燈開著時，燈泡是會燙手的，90%的電能浪費在熱能的發散上，只有10%用來發光。鎢絲燈的發光效率是16 lm/W，其中lm是亮度單位lumen，因此用電燈泡來照明非常浪費電源。

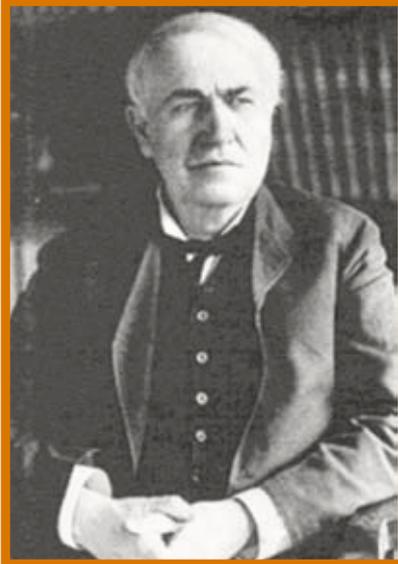
日光燈又稱螢光燈（fluorescent lamp），是使用電能去激活汞蒸氣（在氬氣中）形成電漿而發出紫外線，紫外線照射螢光燈玻璃管上的磷質，如 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Mn}^{2+}$ ，而發出可見光以照明。在玻璃管的兩端裝有插口，以連接電源並固定螢光管的位置。



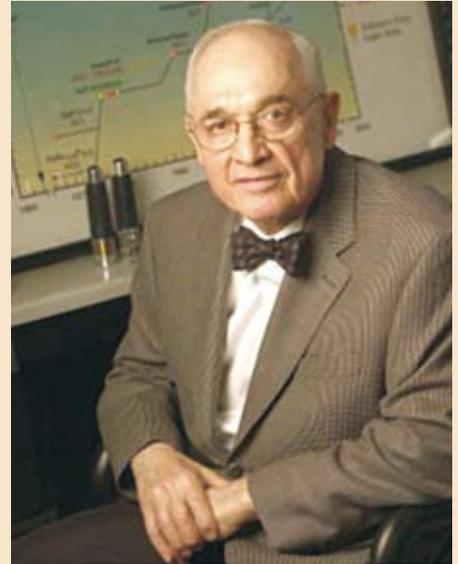
不同類型的日光燈



使用自動起動開關的預熱日光燈電路  
A：日光燈管，B：電源（220V），C：起動器，  
D：開關（雙金屬溫控器），E：電容器  
F：燈絲，G：鎮流器



愛迪生與他發明的電燈泡



第1個有實際應用價值的可見光發光二極體，是1962年由美國通用電氣公司的何倫亞克開發出來的，因此何倫亞克也常被稱為LED之父。

螢光管必須設有鎮流器（又稱為「安定器」，ballast）。日光燈的發光效率是60 lm / W，是白熱燈的4倍，能節省能源。2008年起，澳洲已經全面禁止使用電燈泡，全國改用螢光燈。

發光二極體（light-emitting diode, LED）是半導體元件，是一種新型光源。改變所採用的半導體材料的化學組成，可使發光二極體發出不同波長的光線。這是一種電致發光的現象，優點是發光效率高，達100~120 lm / W，是白熱燈的7倍，且壽命長和不易破損。在節省能源的大環境下，LED會是未來照明的首選，尤其是用於電腦、電視、電子儀器、交通信號燈等。

### 靈機一動

**電燈泡的發明** 1879年10月21日，湯馬斯·愛迪生（Thomas Edison, 1847—1931）用碳做為電燈泡絲的發明申請到專利。愛迪生的理想燈絲必須有高電阻、耐高溫、便宜等特性，他和助理花了2年的時間，試了一千多種不同材料都不盡理想。有天晚上，愛迪生在家裡閒來無事，看到桌上的油燈

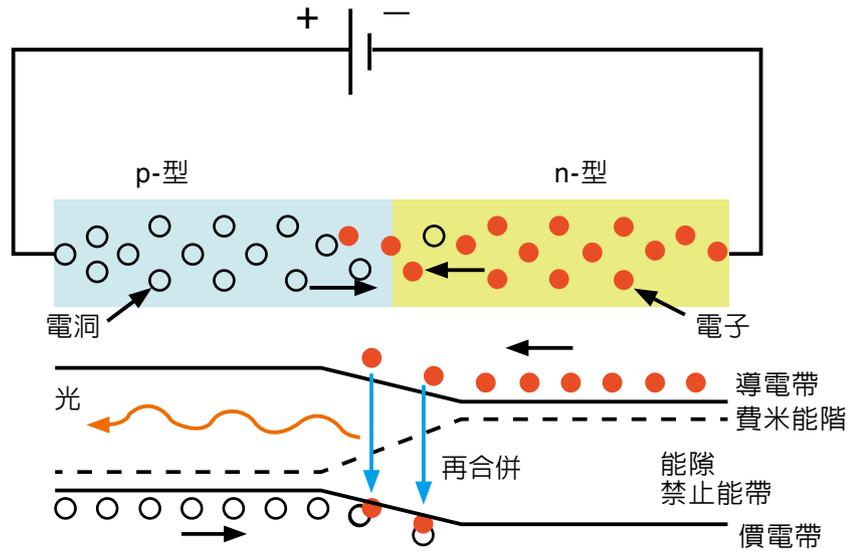
掉下的一些燈碳粉末，他伸手去抓一小把，用手指捲成一條細絲，突然異想天開，就把碳絲當燈泡絲。第1個碳絲在真空電燈泡中持續發光四十多小時，總算找到理想的材料，但後來發現鎢絲是最佳材料。

**日光燈的發明** 日光燈是經過長期科學研究發展出來的。早在1856年，德國的一位玻璃工匠蓋斯羅（H. Geissler）發明含有汞蒸氣的真空玻璃管，通電後會發光，這玻璃管就稱為蓋斯羅管。1896年，愛迪生也曾經做過日光燈的實驗，1907年他還申請到美國專利，但那時候他的白熱電燈泡已經普遍流行，也就沒有繼續研究。

一直到1934年，物理學家康普頓（A. Compton，1927年諾貝爾物理獎得主）提出一個螢光燈的實驗結果，他那時候是通用電氣公司（General Electric, GE）的科學顧問。通用電氣公司有了康普頓的結果就開始著手發展螢光燈，1939年GE的電極和電路設計得到美國專利（#2,182,732）而開始大量生產。螢光燈省電又方便，很快就普遍流行，到了1951年，螢光燈的產量就超過白熱電燈。



康普頓是著名的實驗物理學家，他的參與才使GE把日光燈普遍化。



發光二極體的發光原理圖

**發光二極體的發明** 早在1907年，英國的盧恩（H.J. Round）就報導碳化矽半導體通電後會發微光，但是第1個有實際應用價值的可見光發光二極體，是1962年由美國通用電氣公司的何倫亞克（N. Holonyak, Jr）開發出來的，因此何倫亞克也常被稱為LED之父。他使用的半導體是發紅光的砷磷化鎵（GaAsP），但是當時的LED價格非常高，一個單元就要200美元，並沒有經濟價值。

一直到1968年美國孟山都（Monsanto）公司開始大量生產高品質而低價的砷磷化鎵，LED才普遍流行。1968年，Hewlett Packard（HP）開始採用孟山都的砷磷化鎵，使用在HP最受歡迎的手掌計算機中。

### 掌聲回響

愛迪生一生申請到1,098個美國專利，他的一句名言是：「發明是一分靈感，九十九分努力。」（Invention is 1 percent inspiration and 99 percent perspiration）愛迪生的發明精神相當可佩，尤其是：

（1）他知道什麼東西是必需品（needs driven），而不屈不撓地去尋找答案；（2）從失敗中學習，找燈絲就是一個好例子，他曾經說：「我並沒有失敗過，在實驗過程中，我發現有一千多種材料不是燈絲的好材料；」（3）能全盤系統性地推銷他的發明，電燈能先在紐約市普遍化是因為愛迪生同時發展出直流發電機供應電源，有供電系統的配合才使電燈普遍化。也就是說，如果沒電源的全套供應，愛迪生的電燈泡發明也不會普遍起來。

其實在1860年，英國的約瑟·史宛（Joseph Swan）就發明了類似的電燈泡，但並沒有普遍化，就是因為沒有電源供應。

由於康普頓的參與才使GE把日光燈普遍化，康普頓是著名的實驗物理學家，有名的康普頓效應（Compton Effect）就是他的研究成果。二次世界大戰時，他曾參與原子彈的發展研究（Manhattan Project, Los Alamos）。大戰後，被聘請為聖路易華盛頓大學校長（1945—1954），一生得過無數的榮耀和表揚，他對物理及科普教育也不遺餘力。

何倫亞克的父親是從匈牙利到美國的移民，在伊利諾州的煤礦當工人。他從小就相當好奇、好學，一有空就拆開壞了的電話、電器、機器來修理。後來在伊利諾大學拿到物理博士，他的指導教授是曾經得過2次諾貝爾物理獎的巴定（J. Bardeen），並且是巴定的第1個研究生。何倫亞克回憶說：「我並不是很聰明的人，但是我很幸運能找到巴定當我的指導教授。」

何倫亞克拿到博士學位後，在貝爾實驗室做了2年研究就轉到通用電氣公司。一開始是做半導體的研究，那時候有會放「紅外線光」（肉眼看不到）的半導體的報導，他推理應該會有放「可見光」的半導體。曾經跟同事提起這樣的構想，但是大家都笑他無知，於是他就私下偷偷地做這方面的



用發光二極體做的時鐘展示架

研究，連他的老闆也被蒙在鼓裡。整整花了2年的「業餘」時間，才在1962年研發出紅光LED。

後來何倫亞克被母校伊利諾大學聘為教授，1972年何倫亞克的學生克福特（M. George Craford）研發出黃色的LED。藍色LED是1993年由日本中村修二（Shuji Nakamura）研發出來的，這類LED在1990年代後期得到廣泛應用。何倫亞克有41項發明專利，包括我們常用的紅色雷射指示筆（又稱雷射二極體），一生得過無數的榮耀和表揚，包括美國國家科學獎、日本科學獎、國家發明名人榜（National Inventors Hall of Fame）等。

照明設備的研發從愛迪生的白熱燈絲、通用電氣公司的日光燈，到日本藍色的發光二極體，有130年的進展。早在1963年2月，在《讀者文摘》的訪問中，何倫亞克就預測有一天他發明的LED會替代愛迪生的電燈泡。果然在全球節省能源的口號下，最近已經有人利用高發光度的LED來做照明的裝置，預期能節省大量能源。民國98年3月的《科學發展》曾經有專題報導過發光二極體（編按：本期中有進一步的報導），台灣的半導體產業也開始投資發展能放高光度的白色LED以開拓商機，我們將拭目以待。

林天送

美國華盛頓大學（聖路易市）化學學系

### 深度閱讀資料

Schwartz, Evan I. (2004) *Juice: The Creative Fuel That Drives World-Class Inventors*. Harvard Business School Press, Boston, MA.

發光二極體，《科學發展》專題報導（民98年3月）。

<http://en.wikipedia.org/wiki/>