

讓LED發光的功臣 ——螢光粉

■王書任 林仁鈞

不同螢光陶瓷粉末受光激發後，
發出的光顏色不同，
研發新型且具高發光效率的螢光粉，
是目前LED發展的目標之一。

螢光粉的發展

自1938年鎢酸鎂、鎢酸鈣、矽酸鋅等螢光粉用在發光和顯示產品以來，已有70年之久。50年代之後，螢光性化合物逐漸發展為複雜的化合物，如鹵磷酸鈣。70年代末期，則偏向含氧鹽與稀土化合物的研發，以氧氟化鏷系螢光粉為基體，添加鉛、鉍為活化劑，形成雙重活化的氧氟化鏷系螢光粉。

近來年，由於稀土螢光粉，如氧化釷、氧化鏷等稀土族氧化物的開發，至今螢光粉的種類已達30多種。其中研發技術純熟

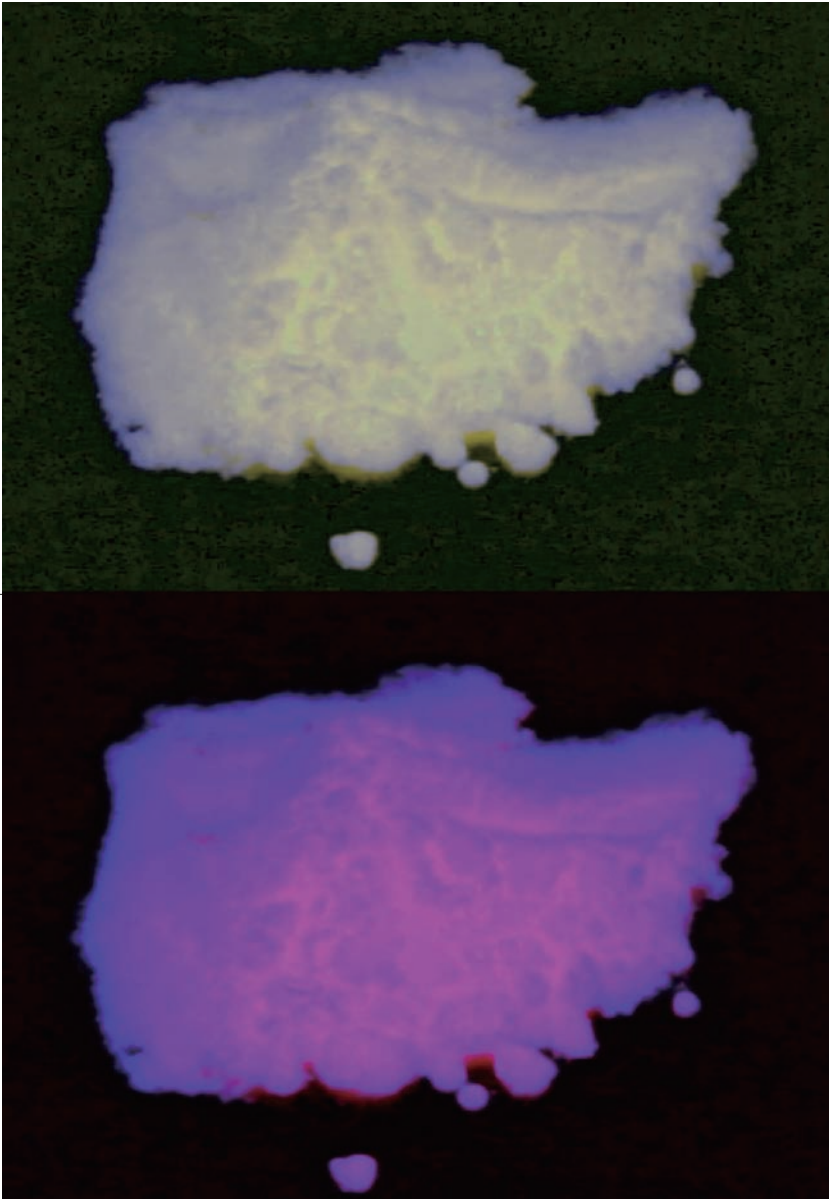


綠色螢光粉受紫外光激發後產生的綠光



藍色螢光粉受紫外光激發後產生的藍光

螢光物質受光刺激，其內電子受激到高能階的激發狀態後，回到原有的低能階狀態時，能量以光的形式輻射出來，就是所謂的「光致發光」。



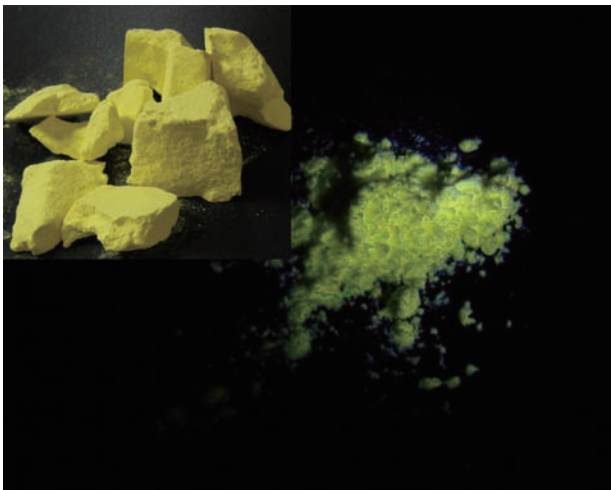
紅色螢光粉受紫外光激發後產生的紅光

的硫化鋅族，最常使用在陰極射線管顯示器上，而氧化鈮因具有量子效率高、化學穩定性佳等優點，已廣泛運用在日光燈、液晶顯示器（liquid crystal display, LCD）等產品中。

LED的發展可從90年代初期，日亞化學（Nichia）開發藍光LED螢光粉講起。著名的YAG螢光粉「 $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ ；鈮鋁石榴石」

搭配藍光LED晶片，是目前業界公認效率最高的螢光粉。YAG螢光粉是一種陶瓷粉末，螢光物質受光刺激，其內電子受激到高能階的激發狀態後，回到原有的低能階狀態時，能量以光的形式輻射出來，就是所謂的「光致發光」。光致發光可分為螢光及磷光兩種。物質吸收外部光源的能量後，位於基態的電子躍遷至激發態，這時

若直接由這能態迅速緩解至激發態中的最低振動能態，再以放光形式回到基態，就稱為螢光。若是經由系統間跨越（intersystem crossing）轉移至電子自旋是三重態的能態，再緩解至最低振動能態，然後以放光的形式釋放能量回至基態，則稱為磷光。不同螢光陶瓷粉末受光激發後發出的光顏色不同，研發新型且具高發光效率的螢光粉，是目前LED發展的目標之一。



YAG 螢光粉燒結成塊狀，經過研磨後的外貌。



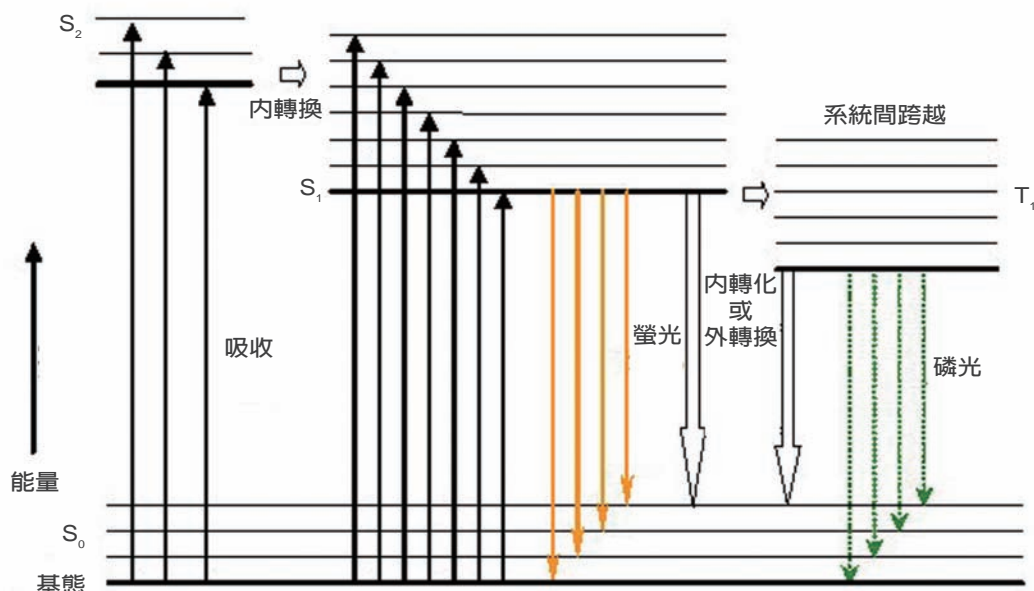
由左到右在電流逐漸升高下，LED 的發光情形。

螢光粉主要由主晶體與活化劑組成，有時還需要助活化劑（敏感劑）。主晶體在光的激發過程中傳送能量，活化劑則激發活化主晶格。

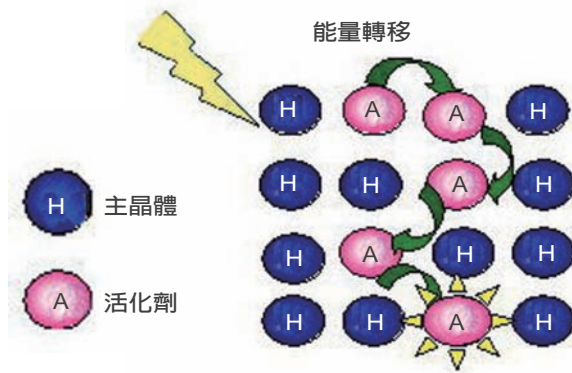
混合不同主晶體及活化劑，可以產製發射不同波長的螢光粉，因此設計螢光粉必須考慮主晶體與活化劑的選擇。一般熱門實用的照明用白光 LED，是用波長 445 ~ 475 nm 的高亮度藍光 LED 激發 YAG 黃色螢

光粉，利用藍光與黃光是互補色光的原理，混光成為高亮度白光，而製作出白光發光二極體。另外還有利用波長 430 ~ 350 nm 的紫外光，激發紅、綠、藍三色螢光粉來產生白光 LED 的方法。

螢光材料的發展由早期較不安定的硫化物，到後來化學穩定性佳的矽酸鹽螢光材料，近期則以氮化物及氮氧化物最為熱門。各類螢光材料的摻雜元素，也由傳統



光致發光系統分子能階示意圖



活化劑與主晶體之間的能量轉移示意圖

三價鎔 Eu (III)、三價鈾 Ce (III)、三價鈹 Tb (III)，到近期因關注高演色性目標所衍生出紅光需求的四價錳 Mn (IV)。

除了日亞化學 YAG 這項專利技術外，其他也有像歐斯朗 (Osram) 公司的 TAG ($Tb_3Al_5O_{12}:Ce$) 螢光粉搭配藍光 LED 的白光技術。TAG 跟 YAG 最主要差別在於 YAG 主體是 Y (鉍)，而 TAG 主體是 Tb (鈹)，目前在發光效率上 TAG 都無法超過 YAG。

YAG 螢光粉會受到歡迎有兩個相當重要的理由。首先是它在吸收 450 與 470 nm 波長 (藍光光譜範圍) 的光之後，可以產生 550 與 560nm 波長的光，在混色原理上，藍光加上黃光後會產生白光。此外，YAG 螢光粉發光光譜相當廣，對於波長的誤差容忍度也相對地提高，讓封裝業者生產白光 LED 時，可以提高生產的良率進而降低成本。另一理由是，它是市面上最容易取得且效率最好的螢光粉。

螢光粉的來源與取得

在 2007 年中，15 種稀土的需求量總和是 11 萬噸，其中 90% 來自中國 (包含江西、四川與其他)。在綠色節能趨勢的影響下，LED 漸漸取代傳統燈泡，製備螢光粉使用到的鉍 (Yttrium, Y)、鎔 (Europium,

Eu) 等稀土元素的需求也開始成長。此外，政府的立法也加速了稀土元素的消耗。例如，澳洲預計 2010 年立法禁用白熾燈具，美國加州、阿拉斯加等州及中國也政策性支持類似做法，這會全面加速稀土元素的大量消耗。

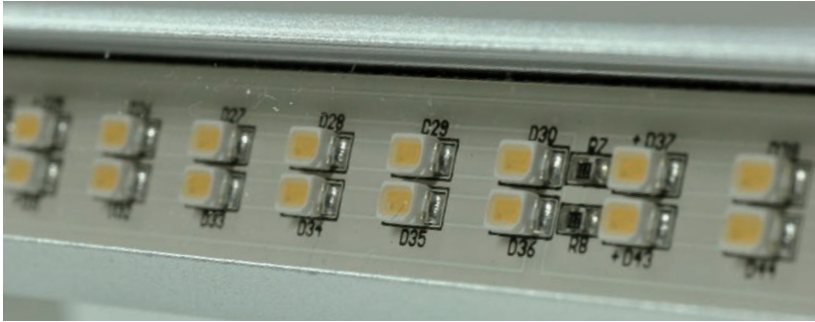
從供需層面來看，造成稀土價格上升的主要因素其實並非供需問題，就有調查研究指出，全球的稀土存量足夠供應到 2012 年之後。那麼造成價格上升的主因為何？在於中國的限量出口，使得供應鏈保持緊縮。在綠色節能的趨勢下，改用稀土元素的照明與顯示將消耗大量的稀土元素，估計未來五年稀土元素的用量會成長一倍以上，因此尋找中國之外的其他稀土材料來源變得很重要。另外，稀土元素的回收也成為未來的趨勢，大約要有 10~15% 的稀土元素來自回收材料，才能有效平衡與抑制價格的遽升。

螢光粉製程

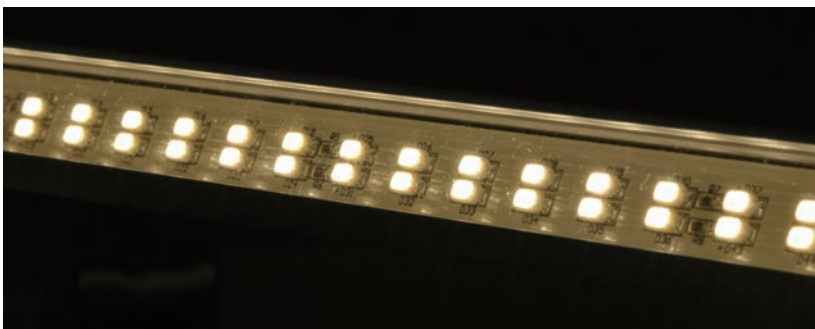
在螢光粉的生產中，固態反應法是最普遍也最方便的製程。以常見的 YAG 螢光粉為例，大概是先把原料以乾混或濕混方式混合，經過攝氏 1,000 度持溫 6 小時在空氣中氧化，之後再加入助熔劑，幫助晶粒成長及表面缺陷修補。在大約攝氏 1,600 度以上高溫的氮氫氣氛下還原，洗去助熔劑，用氧化铝石球磨研磨成粉，最後經過篩網篩選即得成品。

另一種較常見的製程是溶膠凝膠法，是使金屬醇鹽水解聚合而成網狀凝膠。大部分金屬醇鹽和水反應極快，因此選擇的溶劑是水，水解程度的控制是調製溶膠的關鍵技術。這個製作方法的優點是成分均勻且純度高，可在低溫下處理，化學計量準

在環保需求與高價能源時代即將來臨的今天，白光 LED 因省電與輕薄短小，並可製作成大尺寸陣列發光模組，將在照明領域成為明日之星。



LED 單體



LED 暖色系照明的應用

確，但需要昂貴的金屬醇鹽，而且製備時間長，因此一般大量生產不太採用這個方法。

LED 的應用

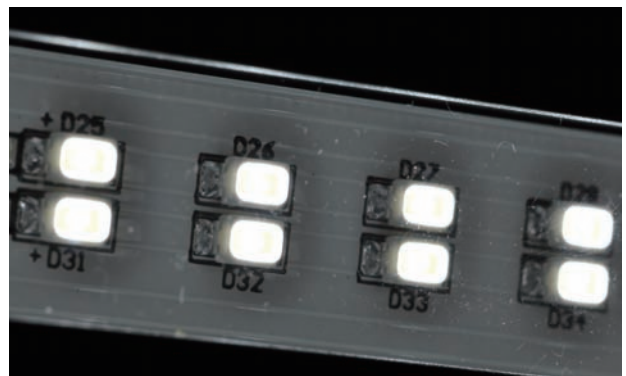
目前全球 LED 的發展，以白光 LED 與高亮度 LED 為主要方向。在環保需求與高價能源時代即將來臨的今天，白光 LED 因省電與輕薄短小，並可製作成大尺寸陣列

發光模組，將在照明領域成為明日之星。例如，大功率 LED 光源在汽車上的應用越來越廣泛，包括汽車頭燈、主煞車燈、尾燈、方向燈、倒車燈、牌照燈等。此外，紅綠燈也都慢慢改用 LED 光源，不僅亮度提高增加安全性，也較省電。

近年來，歐、美、日各國在全球節能及講求環保的共識下，也選擇了白光 LED 做為 21 世紀照明的新光源，並成立由政府主導的產官學研計畫，進行為期 5

～10 年的研究開發與推廣。現階段無論光學、材料、機械與電子，都是白光 LED 可以發揮的領域，對 LED 未來發展的影響深遠，值得各界共同努力。若 LED 能取代現有的照明光源，會為全球能源產業帶來新一波的革命。 □

王書任 林仁鈞
中國製絨股份有限公司



LED 晝光系照明明點亮前（左）及點亮後（右）。

2008~2009

國科會大眾科學教育系列專題講座

週日閱讀科學大師

演講地點：國立科學工藝博物館 南館 國際演講廳

(週日10:00~12:00)

免費參加

2008/10/5 孫維新 人類的新家園？—簡介火星探索近年來的發展
台灣大學 天文物理所 教授 主持人：高雄師大附中 左太政 校長

2008/10/26 周延鑫 毒蛾性費洛蒙與生物多樣性
自然科學博物館 前館長 主持人：台南一中 張逸群 校長

2008/11/16 李家同 我們要成為強國
靜宜 暨南 清華大學 講座教授 主持人：高雄女中 余碧芬 校長

2008/11/23 王道還 人的腦子是做什麼用的？
中研院 史語所 助理研究員 主持人：台灣電力公司 施弘基 副總

2008/12/14 宋燕輝 南海島嶼主權爭議與臺灣藍色國土的開發與保護
中研院 歐美所 副所長 主持人：鳳山高中 廖萬成 校長

2008/12/21 賴惠玲 面對瀕臨死亡的語言我們能做些什麼？—以客語為例
政治大學 英語系 主任 主持人：路竹中學 林享仁 校長

2008/12/28 鄭明修 台灣海洋生態環境變遷與永續之道
中研院 生物多樣性研究中心 副主任 主持人：高雄中學 黃秀霞 校長

2009/2/22 吳文騰 永續能源—微藻產油
成功大學 工學院 院長 主持人：屏東女中 林秀琴 校長

2009/3/1 簡聖芬 建築的理性創意與感性創造
成功大學 建築系 助理教授 主持人：瑞祥高中 吳澤民 校長

2009/3/15 楊玲玲 健康減重與快樂塑身
臺北醫學大學 藥學系 講座教授 主持人：屏東中學 李良末 校長

2009/3/22 蘇炎坤 白光固態光源—開啓照明新未來
崑山科技大學 校長 主持人：台南女中 鄒春暹 校長

2009/4/19 顏鴻森 機械的奧妙—古早發明、近代創作
成功大學 機械系 講座教授 主持人：中國鋼鐵公司 陳玉松 副總

報名方式

★ 網路報名 請由 <http://www.nstm.gov.tw/> 進入工博館首頁，點選【教育活動】，再點選【活動查詢預約】，即可進行網路預約報名。

★ 電話報名 電話：(07)380-0089 分機 5137
每週二至週五 09:00~12:00 13:30~16:30
(星期例假日恕不受理電話報名)

★ 團體報名 聯絡人：工博館 王啟祥、于瑞珍
連絡電話：(07)380-0089 分機 8508、8308
傳真：(07)387-8748
E-mail: hsiang@mail.nstm.gov.tw

★ 現場報名 演講當天，早上9:30於演講廳前服務臺，受理報名

★ 公務員終身學習網 <http://lifelonglearn.cpa.gov.tw/>

主辦單位：行政院國家科學委員會科學教育發展處

承辦單位：國立科學工藝博物館
國立成功大學奈米科技暨微系統工程研究所
國立高雄應用科技大學

協辦單位：雲嘉南區域教學資源中心、警察廣播電臺高雄臺(FM93.1)、
國家高速網路與計算中心、台灣產業科技推動協會、
中國工程師學會高雄市分會、教育廣播電臺高雄臺

計劃主持人：國立成功大學 奈米科技暨微系統工程研究所 李旺龍 副教授
活動聯繫人：工博館 王啟祥 副研究員 (07)380-0089 分機 8508
成功大學 奈微所 李旺龍 (06)275-7575 分機 31396、31397

活動查詢網址：<http://science.nchc.org.tw/> 點選【第六屆】
網路直播網址：<http://science.nchc.org.tw/> 點選【網路直播】

參加
優惠

- * 本系列講座參與民眾可索取記次卡，出席1場可蓋戳1次！累積5場，憑記次卡致贈工博館展示廳招待卷1張；累積10場，將致贈工博館大銀幕電影票1張。
- * 各場參加民眾可獲得國科會贈閱《科學發展》月刊。
- * 各級學校團體(20人以上)可享受團體報名優惠，當日上午參加講座，下午可免費參觀工博館「北館展示廳」。每場團體報名人數上限200人，按報名先後順序額滿為止。
- * 參加講座之教師，每場核發2小時教師進修研習時數。
- * 各場講座登錄於公務人員終身學習網，每場核發終身學習時數2小時。