

光 與 化 學

洪君如

國立臺灣師範大學物理系

一、前 言

首先，想一想，光從那裏來？是的，對地球來說，最大的光源是太陽。在太陽上，像氫彈一樣，不斷發生原子核融合反應，把大量的光與熱送到地球上。物質燃燒時也會產生光與熱。物質的燃燒是物質與氧的反應（亦即氧化反應）。在身邊最容易看到的光源是電燈。白熾燈是根據鎢合金的焦耳熱之發光，而日光燈則利用受激態（這名詞容後詳加說明）汞蒸氣的發光。兩者都是透過鎢或汞來發光。由此可知，光與物質有密切關係。

至於光，有肉眼看得見的可見光線與看不見的紅外線及紫外線，利用稜鏡來分析可見光線，就可以看到紅橙黃綠藍靛紫的彩虹。紅外線在波長較紅色為長的地方，換言之，能量較小處，而紫外線則在波長較紫色為短的地方，亦即能量較大處。

二、光的吸收與其去向

1. 螢光物質

有一種燈，叫做黑燈（black light），能夠發出紫外線，眼睛看不見。可是，將這種燈接近白色襯衫或實驗衣，則會發出青白色的光。這是因為白色布料含有能夠發出白色螢光的物質（亦即螢光染料）的緣故。一點也不吸收可見光線的物質，看起來是白色，可是，一點也不吸收的物質很少，乍看之下是白色的東西，也會吸收一點點靠近紫外線的紫色光，而略呈黃色。因此，碰到紫外線時會發出紫色光的物質，把它摻入，則所有波長的可見光線射入眼睛，看起來是雪白的。用紫外線來照射時，會發出波長較照

射光線為長的紫色光，這種物質就是螢光物質。

這種螢光物質，除了染料以外，也用在簽字筆，蠟筆，道路標識等。此外，用在各種科學儀器，醫療機器，露天表演等所用的色素雷射，也是利用螢光物質的作用。

2. 吸光劑

有些地方不希望被光照到，在這些地方要摻入能夠消除光線的物質，其作用正好與螢光物質相反。例如，晒太陽時；為了防止皮膚晒黑，要塗上藥霜。這種藥霜中含有吸光劑，能夠吸收太陽光線，使光線不至於到達皮膚。另外，合成纖維與塑膠，其品質會因光線的照射而受到破壞。為了防止這種弊害所摻入的光安定劑，也利用吸光劑。

螢光物質吸收光時，發出波長較吸收光為長的光，而吸光劑吸收光時並不發光，僅僅放出熱量。

3. 光的吸收與其去向

物質的普通狀態，叫做基態（ground state）。在基態的物質吸收光時，物質不變，但其中的電子狀態發生變化，變成非常興奮的狀態，叫做受激態（excited state）。換言之，基態的物質吸收光就變成受激態。由於受激態是能量較高的狀態，想在短時間內放出能量，恢復原來的基態。恢復的方法有，放出熱量來恢復，例如上述的吸光劑；發光來恢復，例如上述的螢光物質；以及將能量交給其他物質來恢復，例如消光劑。

三、光化學反應

吸收光而變成高能狀態的受激物質，如何失去其能量，而利用這能量來產生化學反應的情況如何？吸收光而發生的化學反應，其例繁多，下面分別從兩方面來介紹。

1. 以光為資訊源的化學反應

光會帶來各種資訊。要偵測或記錄這些資訊時，常常採用光化學反應。最切身的例子，可能就是視覺。包括人類在內的一切動物，其眼睛都會感覺光，這是因為眼內的化學物質吸收光，發生簡單的化學變化，經過幾個階段，以電訊方式傳遞給腦部的緣故。

隨著明亮程度而變色的太陽眼鏡，也是利用光化學反應的。直接受到陽光的照射時，變成著色物質，而擋住了所照射的陽光就慢慢恢復為透明物質。

工業上廣泛使用感光性樹脂（photosensitive resin）為光阻物質（photo-resist）。利用感光性樹脂的印刷用凸版，其製版法如下。感光性樹脂有兩種，一種是遇光發生橋式反應（bridge reaction）而變成不溶性的，另外一種是遇光發生光解而變成可溶

性的，現在討論前者。

在這種情況之下，需要明暗相反的軟片，如圖1所示。將軟片放在感光性樹脂上，由軟片上方照射紫外線，則因軟片的透明部分讓光通過，僅僅其下方部分發生光橋式反應而高分子化與不溶化。曝光終止，經過沖洗後，只留下遇了光而不溶化的部分，成為凸版。目前也有可以用水沖洗的，利用這種方法，可以做到鈔票的印刷等精密工作。

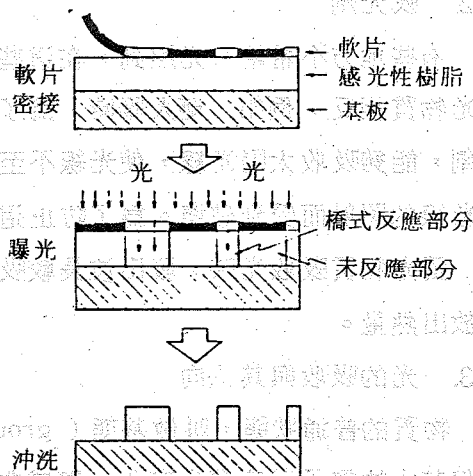


圖1 感光性樹脂凸版的製版過程

這種感光性樹脂，在支柱現代電子技術的IC, LSI等的製造方面，也是不可或缺的。利用光化學反應，精細的工藝也可能辦到了。品質優異的音響與錄影用雷射磁碟也是採用光技術的。

資訊傳達的手段正在從電訊擴大到光訊的今天，光技術與光化學更是增加其重要性。

2. 以光為能源的化學反應

將日光能變換成為化學能之後，當做有用的化學物質來儲存，或利用光能來製造有用的化學物質，這也是重要的光化學反應之應用。

植物以二氧化碳與水為原料，利用陽光來製造葡萄糖。在這反應中，以水當做還原劑來還原二氧化碳，而唯有能夠善用光能方可做出這種魔術般的事。植物的光合作用，研究人員正在設法以人工的方法來完成它。另外，使用光能來分解水以產生氫與氧，其觸媒系也正在開發中。

利用光能來合成有用的化學物質，已成為重要的一個分野。依靠熱化學反應，需要的幾個階段始能合成的東西，若經光反應則一階段就可以完成，或熱反應無法合成的東西，光反應却可以完成，這種例子不勝枚舉。工業上最大量合成的是耐綸的原料ε-己內醯胺，其反應式如圖2所示。圖中也顯示硝化法與苯酚法這種傳統的方法（熱化學反應）

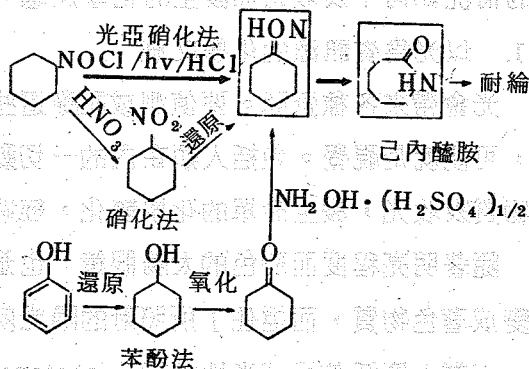


圖2 耐綸原料ε-己內醯胺的合成。光化學法（光亞硝化法）與熱化學法（硝化法）以及酚法的比較。

，但若使用粗線所示的光亞硝化法，則只需

一個階段就可以輕易合成，而且採用廉價原料，可得到意中的生成物，副產品少等等，其優異長處不少。

四、化學發光

前面兩節中，說明吸收光而變成受激態的分子之變化情形。其中包括吸收光之後，放出光（發光）的情形，可是，也有各種物質，雖然不吸收光，却也能夠發光。最簡單的例子就是螢火蟲的發光。這是化學發光的一種，利用化學反應來製造受激態分子來發光。

1. 螢火蟲的發光

螢火蟲發光的情形是，名叫螢火蟲螢光素（luciferin）以所謂螢光酶（luciferase）的酵素與鎂為觸媒，來和高能物質 ATP（腺苷-5'-三磷酸 adenosine triphosphate）與氧發生反應，結果生成特殊過氧化物的 dioxetane 衍生物。這衍生物的能量極高，當它分解時便生成受激態的螢火蟲含氧螢光素（oxyluciferin），而這物質發出來的光就是螢火蟲的光。

這種詳細的過程，是最近才研究出來的。經過高能 dioxetane 來形成受激態分子，這種過程可能也發生在其他生物的發光，下列化學發光的情形也是一樣。

2. 化學發光

自古以來，衆所熟悉的化學發光物質是魯米諾（luminol，亦即氨基苯二銑一胂）。只要有過氧化氫這種氧化劑與金屬離子等觸媒的存在，魯米諾就會發光。採用魯米諾反應來檢驗兇殺案現場的血跡，就是利用這種現象。換言之，血液中的血紅素（鐵錯合物）是這反應的理想觸媒，所以會發光。

使用較魯米諾更為強烈的化學發光物質來發光的，就是最近普遍採用的化學光（chemical light）。讀者或許在電視上看過，慶典結束而會場變成一片漆黑後，參加慶典人員各自手執青白色光來揮動的場面，這就是化學光。化學光商品化以來，

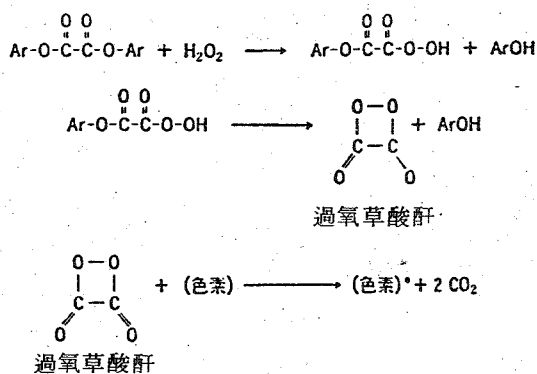


圖3 化學光的發光機構 Ar 表示芳香族，表示受激態。

已經 10 年以上了。自從人們發覺在釣烏賊時，化學光是最好的集魚燈以來，化學光的應用逐漸擴大，現在除了黃綠光以外，已經開發黃光、橙光、紅光等，廣泛應用在釣魚的浮漂，高爾夫球等。

化學光的情形是，芳香族草酸酯與過氧化氫反應而生成過氧草酸酐；這種高能 dioxetane 分解時，將能量交給共存的色素而形成受激態色素，最後這色素發光成為化學光（見圖 3）。

這種化學發光反應，也用在葡萄糖與麩胺醯胺的微量分析。

此外，由於微弱化學發光發生在氧化反應與自由基形成時，因此，可以採用敏感偵測裝置來研究食品的腐敗與人體的老化等問題。

參考資料：「化學教育」第 34 卷第 2 號第 42 頁（1986），日本化學會。