**光電材料與元件期末考試題** 電機一甲 70305137 黃重維

1,先進國家極力的發展太空雷射武器，以雷射原理說明其可行性與關鍵問題？(20%)

**雷射的原理**

凡是能「吸收」或「發射」光的物質，都以「介質」稱之，如原子、分子及晶體等，會選擇性地吸收某些波長的電磁波，而進入了「受激態」。假設介質Ａ及Ｂ原處於較低能態的 E1 狀態，若介質Ａ吸收了一部分的光波而升至較高的 E2 狀態，使入射的光波強度減弱，這便是吸收。吸收是機率性的，介質Ａ或Ｂ不一定會吸收光波，但若是能吸收則必定要滿足一項條件，那就是光的頻率ｆ必定滿足 ｆ＝（E2 － E1）／ｈ，ｈ稱為「普郎克常數」，它的值是 6.6 × 10－34 焦耳．秒。
電子的躍遷


**雷射的原理-2.2**

1. 由於吸收和受激放射都是機率的問題，所以如果處在 E2 狀態的介質數 N2 比處在 E1 狀態的介質數 N1 多，即 N2 ＞ N1，那麼受激放射出來的光子，就比被吸收的多，光束就轉強了。所以凡是可能符合 N2 ＞ N1 條件的介質，就可能強化光束。N2 ＞ N1，表示能量狀態居高位的介質數比在底下的多，這是一種反常的現象，我們稱它為「群數反轉」。能進入「群數反轉」的介質有限，所以雷射的介質種類也有限。

為使介質處在 E2 狀態的介質數 N2 比在 E1 狀態的介質數 N1 多，我們必須對介質施加能量，或者說使它「活化」。那麼什麼樣的介質才能活化呢？如果有九個介質原本都處在基態 E0，在施加能量之後，有三個進入了 E1 狀態，有二個進入了 E2 狀態，或表示為 N1 ＝ 3，N2 ＝ 2。只是進入 E1 狀態的介質比較沒有耐性，有二個迅即脫離，但是進入 E2 狀態的就挺得住，於是變成 N2 ＝ 2，N1 ＝ 1，因此達成了群數反轉。這只是介質進入群數反轉的方式之一，其他的方式較難了解，在這暫不敘述。
2. 光束在活化了的介質中傳播愈遠，就會愈強。但是把介質放在很長的容器中終非良策，梅曼想出來的方法，是在介質容器的兩端，各放置一面反射鏡。反射鏡中的一面對受激放射波長，也就是相當於（E2 － E1）的波長高度反射，而另一面部分透射，一些光就由這反射鏡逸出，成為雷射光。於是雷射的主要元件就是「介質」，「能量」輸入裝置，和以兩面反射鏡所構成的「光腔」。光腔使光來回反射通過介質予以強化，每次強化的程度愈高，反射鏡的透光率就可以愈大。

**雷射的原理-2.3**
這兩面反射鏡有如固定琴弦的栓子，限定了振動的波長須滿足鏡間距離是半波長整數倍的條件。這條件可提升輸出光的純色性，但也不好達成，因為光波的波長甚短，且可以振動的波長或頻率如前所述有一範圍，所以隨意設定鏡間距離，就有好幾個波長，可以同時滿足這一距離是它們半波長整數倍的條件。為使雷射只輸出單一波長，還需下一番功夫呢！

雖然輸出了數個波長，但仍不影響純色性，從視覺的觀點來說，這些波長的光色都一樣，並且每一波長都很「純」或集中在狹窄的範圍內，所以雷射光仍是純色的。

此外，這兩面反射鏡局限了雷射光束的方向，這也是造成雷射光方向性的主因。至此我們已經知道為什麼雷射光有方向性、同調性、純色性和高強度性，以下再介紹數種重要雷射及其介質的活化方式。
**一般雷射發產生器有三個基本要素**

1. **「增益介質」（gain medium）**

共振腔內「『被激發而釋放光子』的電子所在的原子、分子、晶體」等物質，其物理特性會影響所產生雷射的波長等特性。

1. **「激發來源」（pumping source）或稱為光泵(optical pump)**

在「增益介質」的說明中，我們用到了能階的概念，而不同的雷射會有不同的能階，使用的能階數可能也不只有四階，而光泵的選擇就必須依照增益介質的能階來選擇。光泵不一定是”光”，目前常用的有：電激發、弧光燈、閃光燈、電流、染敏、化學反應、或用其它雷射。光泵的目的只是要”讓電子躍遷至要求的能階”，所以並不一定要用光，後面半導體雷射中所用的”激發源”就是”電流”了！

1. **「共振腔」（resonator）**

要成為雷射，當然不能只依賴光泵，要是只有光泵那就不會有光可以回去產生受激放射了！所以為了讓光可以產生增益，我們就把光先”關起來”，等夠了再”放出來”，而拿來”關”光的就叫共振腔(就像兩面面對面的鏡子)，光會一直在腔內來回跑，直到滿足我們對共振腔壁所設定的條件(通常為光強度)，而物理告訴我們，要讓共振腔內的能量增加的方法就是要讓內部產生駐波(standing wave)，那，要怎麼樣才會產生駐波呢? 由示意圖中可以看到滿足形成駐波的條件是2L=mλ，L為腔長、λ為光的波長、m為任意正整數。而我們知道波速=波長×頻率，所以對光來說c=λν，c為光在真空中之波速、λ為波長、ν為頻率，若用λ=c/代入2L=mλ中可以得到：2L=mc/ν，移項得ν=mc/2L，可以看到頻率的間隔是固定的


**總結**

將電子激發至高能階，第一顆會以自發放射的形式回到基態，若放出的光子不滿足共振腔的駐波條件(我們的對光的要求)，則無法產生增益，若自發放射的光子滿足條件則會在共振腔中來回跑，當其通過增益介質時則會誘發激發放射產生更多和它一模一樣的光子，如雪崩般的增加光子數量直到滿足共振腔放出光的條件(超過臨界值)。此時雷射光(部分的光)變會射出共振腔，經過一段(很短)時間，光泵的供應與雷射光的輸出會達成一個平衡的狀態，此時雷射光便可以持續輸出。

2.光纖在現代通訊具有相當重要發展，請說明光纖使用雷射波長範圍為何限定在近紅外範圍？請從材料、光學原理說明(20%)

光導纖維或簡作光纖，是一種利用光在玻璃或塑料製成的 纖維中的全反射原理而達成的光傳導工具。微細的光纖封裝在 塑料護套中，使得它能夠彎曲而不至於斷裂。通常，光纖的一 端的發射裝置使用發光二極體（light emitting diode,LED）或 一束雷射將光脈衝傳送至光纖，光纖的另一端的接收裝置使用 光敏元件檢測脈衝。在日常生活中，由於光在光導纖維的傳導 損耗比電在電線傳導的損耗低得多，光纖被用作長距離的信息 傳遞。隨著光纖的價格日漸降低，光纖也被用於醫療和娛樂的用途。

光纖的應用: 我們現在最容易看到的就是光纖通訊，在從中應用要到各個層面。我對於這 個題目會有興趣是因為有天到媽媽在看裝潢雜誌時突然提到現在的豪宅有在用 什麼「光纖窗簾」。但是我查了下網路其實資料並沒有很多，但是我認為那個應 用的來源應該是去年底在比利時世界創新科技博覽會中獲獎的「納米結構光子纖 維及其纖物」來的。香港理工大學紡織及製衣學系主任陶肖明以納米及雷射技術 改良光纖物料，只要在編織衣衫、窗簾、布匹時加入經改良的光纖物料，再配合 發光二極燈的使用，布織品充電後便可發光

### 光纖性質分類

　　單模光纖收發器：傳輸距離20公里至120公里

　　多模光纖收發器：傳輸距離2公里到5公里

　　按光纖來分，可以分爲多模光纖收發器和單模光纖收發器。由於使用的光纖不同，收發器所能傳輸的距離也不一樣，多模收發器一般的傳輸距離在2公里到5公里之間，而單模收發器覆蓋的範圍可以從20公里至120公里。需要指出的是因傳輸距離的不同，光纖收發器本身的發射功率、接收靈敏度和使用波長也會不一樣。

　　如5公里光纖收發器的發射功率一般在-20~-14db之間，接收靈敏度爲-30db,使用1310nm的波長；而120公里光纖收發器的發射功率多在-5~0dB之間，接收靈敏度爲-38dB,使用1550nm的波長。

3.LED在高亮度的發展上，從內部與外部效率有那些作

法，從學理上，LED亮度的最大極限為何？(20%)

發光二極體的發光效率一般稱為元件的外部量子效率(external quantum efficiency)，其為元件的內部量子效率(internal quantum efficiency)及元件的取出效率(extraction efficiency)的乘積。所謂元件的內部量子效率其實就是元件本身的電光轉換效率，主要與元件本身的特性如元件材料的能帶、缺陷、雜質及元件的磊晶組成及結構等相關。而元件的取出效率指的則是元件內部產生的光子，在經過元件本身的吸收、折射、反射後實際上在元件外部可量測到的光子數目。因此相關於取出效率的因素包括了元件材料本身的吸收、元件的幾何結構、元件及封裝材料的折射率差及元件結構的散射特性等。而上述兩種效率的乘積，就是整個元件的發光效果，也就是元件的外部量子效率。

LED的偏壓與順向電流成對數相關，若以固定電壓源推動的話，電源電壓的輕微差異、LED偏壓因生產工藝的離散性，都會使電流有較大的變化，由於LED的光度與電流有較直接關係，電流變化會導致LED的亮度偏離想定值，電流若超出安全值的話會因功耗過大而使LED永久損壞（二極體的整個工作區電壓基本不變，**功耗大致與電流成正比**）。因此，應用時應使LED工作在固定的電流，這樣才可達至預期的亮度，及確保LED不會因電流過大、功耗超出負荷而損壞。因此，在推動LED時有下列事項要注意：

* 務必使LED工作在預想的固定電流值或功耗，已達致想定亮度與功耗，及避免損壞LED。這多以恆流源達成，用一個電壓源串連一個限流電阻即可成一恆流源，但精確度不高。以線性線路造出的恆流源精度可以相當高，但同樣有效率低（功耗高）的缺點。開關式可以有極高的精度同效率，但要注意燥聲問，而且成本高很多。
* 串聯LED可以使各LED得到相同電流，亮度會較為一致。並聯LED會使各LED電壓相同，但由於品控問題，同一電壓下，即使是同一批次的相同型號，各LED電流會有輕微差異，亮度一致性較差。

要知道什麼的電流值才可以達到預期的光度，可以參考生產商資料提供有關電流與光度關係的資料。要控制LED的亮度，又想提升效率、減少耗電，卻不想使用價格較高的開關式電源的話，可以使用脈衝寬度調變（Pulse width modulation - PWM）推動LED，通過控制不停重複的每一個時段內導通時間與關閉時間的比例，也就是占空比，可以改變流經LED的平均電流，從而控制LED的光度，由於控元件沒有半導通的狀態，控制元件內的電壓降相當少，因而效率較高，只要閃爍頻率高於人眼的視覺暫留，LED看起來就象連續發光一樣。

白色LED使用脈衝寬度調變控制LED光度的方法有另一好處，白色LED的色溫隨電流強弱而轉變，在脈衝寬度調變控制下，導通電流在不同光度下都不變，因此可以在不同光度保持色溫不變，這在視頻播放設備中，應用LED作背光的情況特別重要。

許多LED額定的逆向崩潰電壓值一般比較低，因此加上幾伏特的逆向電壓就可能損壞。如果需要以超過逆向崩潰電壓的交流電供電的話，可以用[反並聯](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%8F%8D%E4%B8%A6%E8%81%AF&action=edit&redlink=1)一個二極體（或另一個LED）的方法進行保護。有的LED在出廠時內部就已經集成了串連電阻。這樣可以節省印刷線路板的空間，然而由於串連電阻值在出廠時就已經確定，使得LED的一種主要的集成設置方法無法應用。雙色LED單元包含兩個二極體，極性相反（即兩個二極體是反並聯的），顏色不同（典型是紅色和綠色），可以顯示兩種顏色，或者透過調整兩個二極體導通時間的比例來實現各種混合顏色。另一些LED單元裡的兩個或多個不同顏色的二極體是共陽極或共陰極架構，這樣無須改變極性就可以產生多種顏色的光。

4.從近代物理的理論，雷射的發現是必然還是偶然？先

解釋愛因斯坦的受激輻射理論(20%)

雷射的發現是必然還是偶然:

* 1958年，美國科學家肖洛Schawlow和湯斯Townes發現了一種神奇的現象：

 將[氖](http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%96)光燈泡所發射的光照在一種稀土晶體上時，晶體分子會發出鮮艷的、始終會聚在一起的強光。根據這現象，他們提出了"雷射原理"，即物質在受到與其分子原生振蕩頻率相同的能量激勵時，都會產生這種不發散的強光--雷射。

受激輻射:

[電子](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E5%AD%90)的運動狀態可以分為不同的[能級](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%83%BD%E7%BA%A7)，電子從高能級向低能級[躍遷](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B7%83%E8%BF%81)時，會釋放出相應能量的電磁波（所謂[自發輻射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%AA%E5%8F%91%E8%BE%90%E5%B0%84%22%20%5Co%20%22%E8%87%AA%E7%99%BC%E8%BC%BB%E5%B0%84)）。一般的發光體中，這些電子釋放光子的動作是隨機的，所釋放出的光子也沒有相同的特性，例如鎢絲燈發出的光。

當外加能量以電場、光子、化學等方式注入到一個能級系統並為之吸收的話，會導致電子從低能級向高能級躍遷（所謂[受激吸收](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%8F%97%E6%BF%80%E5%90%B8%E6%94%B6&action=edit&redlink=1" \o "受激吸收 (頁面不存在))），當自發輻射產生的光子碰到這些因外加能量而躍上高能級的電子時，這些高能級的電子會因受誘導而遷到低能級並釋放出光子（所謂[受激輻射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%97%E6%BF%80%E8%BE%90%E5%B0%84%22%20%5Co%20%22%E5%8F%97%E6%BF%80%E8%BC%BB%E5%B0%84)），受激輻射的所有光學特性跟原來的自發輻射包括：頻率、相位、前進方向等會是一樣的，這些受激輻射的光子碰到其他因外加能量而躍上高能級的電子時，又會再產更多同樣的光子，最後光的強度越來越大（即光線能量被放大了），而與一般的光不同的是所有的光子都有相同的頻率、相位(同調性)、前進方向。

要做到光放大，就要產生一個高能級電子比低能量級電子數目多的環境，即[群數反轉](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BE%A4%E6%95%B8%E5%8F%8D%E8%BD%89)，這樣才有機會讓高能級電子碰上光子來釋放新的光子，而不是隨機釋放。

一般雷射產生器有三個基本要素：

**「激發來源」（pumping source）**：把能量供給低能級的電子，激發使其成為高能級電子，能量供給的方式有電荷放電、光子、化學作用…。

**「增益介質」（gain medium）**：被激發、釋放光子的電子所在的物質，其物理特性會影響所產生雷射的波長等特性。

**「共振腔」（optical cavity/optical resonator）**：是兩面互相平行的鏡子，一面全反射，一面半反射。作用是把光線在反射鏡間來回反射，目的是使被激發的光多次經過增益介質以得到足夠的放大，當放大到可以穿透半反射鏡時，雷射便從半反射鏡發射出去。因此，此半反鏡也被稱為輸出耦合鏡（output coupler）。兩鏡面之間的距離也對輸出的雷射波長有著選擇作用，只有在兩鏡間的距離能產生共振的波長才能產生雷射

5,從光纖的特性，如果你從美國加州矽谷發一封mail回

台灣，訊號傳遞在光纖中光走的模式(single,multi)轉

換情況？(20%)

由於傳輸距離越遠，光纖內的色散現象就越嚴重，影響訊號品質。因此常用於評估光纖通訊系統的一項指標就是**頻寬-距離乘積**，單位是百萬[赫茲](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B5%AB%E8%8C%B2)×公里（MHz×km）。使用這兩個值的乘積做為指標的原因是通常這兩個值不會同時變好，而必須有所取捨（trade off）。舉例而言，一個常見的多模光纖（multi-mode fiber）系統的頻寬-距離乘積約是500MHz×km，代表這個系統在一公里內的訊號頻寬可以到500MHz，而如果距離縮短至0.5公里時，頻寬則可以倍增到1000MHz。

對於現代的玻璃光纖而言，最嚴重的問題並非訊號的衰減，而是[色散](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%89%B2%E6%95%A3)問題，也就是訊號在光纖內傳輸一段距離後逐漸擴散重疊，使得接收端難以判別訊號的高或低。造成光纖內色散的成因很多。以模態色散為例，訊號的橫模（transverse mode）軸速度（axial speed）不一致導致色散，這也限制了多模光纖的應用。在單模光纖中，模態間的色散可以被壓抑得很低。

但是在單模光纖中一樣有色散問題，通常稱為群速色散（group-velocity dispersion），起因是對不同波長的入射光波而言，玻璃的折射率略有不同，而光源所發射的光波不可能沒有頻譜的分布，這也造成了光波在光纖內部會因為波長的些微差異而有不同的折射行為。另外一種在單模光纖中常見的色散稱為[偏振態色散](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%81%8F%E6%8C%AF%E6%80%81%E8%89%B2%E6%95%A3&action=edit&redlink=1)（polarization mode dispersion），起因是單模光纖內雖然一次只能容納一個橫模的光波，但是這個橫模的光波卻可以有兩個方向的[偏振](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%81%8F%E6%8C%AF)（polarization），而光纖內的任何結構缺陷與變形都可能讓這兩個偏振方向的光波產生不一樣的傳遞速度，這又稱為光纖的雙折射現象（fiber birefringence）。這個現象可以透過[偏振保持光纖](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%81%8F%E6%8C%AF%E4%BF%9D%E6%8C%81%E5%85%89%E7%BA%96&action=edit&redlink=1)（polarization-maintaining optical fiber）加以抑制。

