電機一甲 李平原 70305159 光電材料與元件期末作業

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

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。

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）**
2. **「激發來源」（pumping source）或稱為光泵(optical pump)**
3. **「共振腔」（resonator）**
4. **「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

另外，事實上在任何的增益介質中，電子的任何能態都並不是很單一的，都會是一個”帶”(band)，同一階中有不同的”小能階”，因此，激發放射的光也不會是很完美的單頻光，而會是一個分佈。這也是另外一個我們需要共振腔的原因，因為共振腔如上面解釋的，具有”挑選”的功能，不對的頻率就不會在共振腔內產生增益就無法產生雷射，因此我們可以利用共振腔對頻率進行篩選，只讓那些我們要的頻率可以在腔內產生駐波。  
  
共振腔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經過增益介質多次以得到足夠的放大，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。

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

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%)

範圍: **1.本研究提出一個以半導體光放大器(SOA)建立的多波長光纖環型雷射架構。藉由通過兩次延遲干涉儀(DI)的環型架構，由放大自發增益光譜衍生的多波長光源之線寬變得更窄，提高了各波長光源的訊號雜訊比。實驗結果顯示，本研究的多波長光纖雷射，在5 dB(16.34nm)的頻寬內，從1574.91 nm至1591.25 nm波長範圍共可激發184個雷射波峯，各波峯的平均間距為0.09 nm，訊號雜訊比超過24 dB。   
我們針對這184個激發波長做了功率穩定度的調查。歷時40分鐘的六次掃描結果顯示，光功率變動介於0.5 dB到1dB之間，在波長在1587.2 nm到1591.25 nm區間有更穩定的多波長輸出，光功率變動皆小於0.5 dB**

**2. 探討在利用反射式半導體放大器(RSOA)組成的光纖環型雷射，傳統的掺鉺光纖放大器會有模態競爭的問題，本研究利用反射式半導體放大器(RSOA)來改善模態競爭，因為RSOA有反射的功能，少用一個光元件，可以減少光損失；本研究的結果顯示，利用可調式濾波器和反射式半導體放大器的組合，有高達50dB的旁模抑制比，相當寬的調諧範圍(66 nm)，可諧調產生23通道的雷射光，通道間功率的變動小於0.26dB及發光波長漂移小於0.01nm，雷射品質較相似光纖雷射相對優異許多**

紅外範圍:

紅外線可以說是我們日常生活當中到處都有的一種可見光長的電磁波，在一些活用品上常常可以看到紅外線光產品的應用，如紅外線攝影機、紅外線感應水龍

頭紅外線電扇、紅外線傳輸等….在民用市場的用途之廣，在軍事用途更是不少

如：紅外線夜視鏡、紅外線導引炸彈之類的軍用品，所以對於紅外線的原理和應

用讓我深感好奇，決定以紅外線做為這次研究主題。

1紅外線的發現

西元1666 年牛頓發現光譜並測量出3,900A～7,600A（400nm～700nm）是可見光

的波長。1800 年4 月24 日英國倫敦皇家學院（ROYAL SOCIETY）的SirWILLIAM

HERSCHEL 發表太陽光在可見光譜的紅光之外還有一種不可見的延伸光譜，具有

熱效應。他所使用的方法很簡單，用一支溫度計測量經過稜鏡分光後的各色光線

溫度，由紫到紅，發現溫度逐漸增加，可是當溫度計放到紅光以外的部份，溫度

仍持續上昇，因而斷定有紅外線的存在。在紫外線的部份也做同樣的測試，但溫

度並沒有增高的反應。紫外線是1801 年由RITTER 用氯化銀（Silver chloride）感

光劑所發現的。底片所能感應的近紅外線波長是肉眼所能看見光線波長的兩倍，

用底片可以記錄到的波長上限是13,500A，如果再加上其它特殊的設備，則最高可

以達到20,000A，再往上就必須用物理儀器偵測了。（註1）

2紅外線和光的關係

光線是一種輻射電磁波，其波長分佈自300nm（紫外線）到14,000nm（遠紅外線）。

不過以人類的經驗而言，「光域」通常指的是肉眼可見的光波域，即是從400nm（紫）

到700nm（紅）可以被人類眼睛感覺得到的範圍，一般稱為「可見光域」（Visible）。

由於近代科技的發達，人類利用各種「介質」（特殊材質的感應器），把感覺範圍

從「可見光」部份向兩端擴充，最低可達到0.08～0.1nm（X-RAY, 0.8～1A），最

高可達10,000nm（遠紅外線，熱像範圍）。

3紅外線的波長範圍和紅外線輻射源區分

波長：近紅外線| (Near Infra-red, NIR)| 700~ 2,000nm | 0.7~2 MICRON

中紅外線| (Middle Infra-red, MIR)| 3,000~ 5,000nm | 3~5 MICRON

遠紅外線| (Far Infra-red, FIR)| 8,000~14,000nm | 8~14 MICRON

紅外線的原理與應用

- 2 -

紅外線輻射源可區分為四部份如下表【一】所示。

表【一】紅外線輻射源可區分

總類說明

白熾發光區（Actinic range） 或稱「光化反應區」，由白熾物體產生的射線，

自可見光域到紅外域。如燈泡（鎢絲燈，

TUNGSTEN FILAMENT LAMP），太陽

熱體輻射區（Hot-object range） 由非白熾物體產生的熱射線，如電熨斗及其它的

電熱器等，平均溫度約在400℃左右

發熱傳導區（Calorific range） 由滾沸的熱水或熱蒸汽管產生的熱射線。平均溫

度低於200℃，此區域又稱為「非光化反應區」

（Non-actinic）

溫體輻射區（Warm range） 由人體、動物或地熱等所產生的熱射線，平均溫

度約為40℃左右

以照相與攝影技術的觀點來看感光特性，光波的能量與感光材料的敏感度是造成

感光最主要的因素。波長愈長，能量愈弱，即紅外線的能量要比可見光低，比紫

外線更低。但是高能量波所必須面對的另一個難題就是：能量愈高穿透力愈強，

無法形成反射波使感光材料擷取影像，例如X 光，就必須在被照物體的背後取像。

因此，攝影術就必須往長波長的方向－－「近紅外線」部份發展。以造影為目標

的近紅外線攝影術，隨著化學與電子科技的進展，演化出下列三個方向如下表【二】

所示。

表【二】照相與攝影技術的感觀特性

總類說明

近紅外線底片以波長700nm～900nm 的近紅外線為主要感應範

圍，利用加入特殊染料的乳劑產生光化學反應，

使此一波域的光變化轉為化學變化形成影像

近紅外線電子感光材料以波長700nm～2,000nm 的近紅外線為主要感應範

圍，它是利用以矽為主的化合物晶體產生光電反

應，形成電子影像

中、遠紅外線熱像感應材料以波長3,000nm～14,000nm 的中紅外線及遠紅外線

為主要感應範圍，利用特殊的感應器及冷卻技

術，形成電子影像

紅外線的原理與應用

- 3 -

4紅外線的用途

＜ａ＞紅外線通訊應用

紅外線的原理就是利用可視紅光光譜之外的不可視光，就因為紅外線也是光的一

種，所以它也同樣具有光的特性,它無法穿越不透光的物體。並非因為我們看不到

紅外線，就表示它不存在，在我們生活的四周即充斥著紅外線光，它可能是從電

燈發出，也可能太陽光發出，使用者並不需要使用執照即可以使用紅外線。例如，

低速紅外線（Slow IR）應用在電視遙控器己有相當長的一段時間了，其他像是錄

影機、音響等遙控器也是；電視遙控器將特定的訊號編碼，然後透過紅外線通訊

技術將編碼送出（通常你可以看到遙控器的訊號燈亮了一下），而設置在電視上的

紅外線接收器收到編碼之後，將其進行解碼而得到原來的訊號；例如，電視端解

得的訊號為加大音量，則解碼後即進行加大音量的動作。低速紅外線是指其傳輸

速率在每秒115.2Kbits 者而言，它適用於手機如圖【1】傳送簡短的訊息、文字或

是檔案。有低速紅外線也有高速紅外線（Fast IR），它是指傳輸速率在每秒1 或是

4Mbits 者而言，其他更高傳輸速率則仍在發展中。對於網路解決方案而言，高速

紅外線可以說是其基礎，包括檔案傳輸、區域網路連結甚至是多媒體傳輸。

如果運用在網路上呢？紅外線網路適用於例如教室的環境，或是小型、封閉的區

域。對於講究資訊保全的人而言，紅外線網路或許是一個不錯的選擇，因其無法

穿透牆壁傳輸，位在建築物之外的人將不可能直接截取到散佈在建築物內的紅外

線訊號。但相對地，這也構成其缺點──紅外線傳輸極容易受到牆壁的阻礙。另一

方面，紅外線也是一種低成本的無線傳輸形式。視線紅外線（Line-of-Sight）以有

如雷射線般的直線形態傳輸資料，因為其運動是以直線前進，如果傳輸的路途中

沒有任何的障礙物，則資料的傳輸可以說相當快速且具有效率的，因為紅外線也

是光的一種，所以它前進的速度為光速。但是就像太陽光一樣，紅外線不能穿透

牆壁或是大型物體，所以，在資料收發的兩端必須相互對準（即可以看得見對方）

才能進行通訊，這對行動通訊可能常常移動位置的情形而言，是非常不利的，而

且容易受到下雨、下雪或是霧氣的干擾\_\_

光學材料:如稜鏡, 非球面鏡片, 球面鏡片,半波片,1/4波片,YVO4光學晶體,石英Rod,藍寶石晶體及石英玻璃。

  光學原理: 光在生活中幾乎無所不在，但是反而因為太普遍而常常被忽略。本課程可分為幾何光學及波動光學兩大部分。其中幾何光學以光束追蹤方式描述常見的光學元件及成像系統，並能對其中的像差進行設計。但當討論的尺度小到波長等級時，波動光學就變的非常重要，舉凡極化、干涉、波導、

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%)

1.雷射的發現是必然還是偶然: 雷射的發現必然的存在，在生活上的便利及它的必要性，都是不可或缺的的一部份。

2.受激輻射理論:

首先，愛因斯坦主張，一個孤立的受激原子會釋放出光子而回到低能量狀態，他稱此過程為「自發輻」〈spontaneous emission〉。自發輻射決定了所有如吸與受激等輻射作用的頻率大小。原子只能吸收正確波長的光子，當光子消失而原子的能量增加時，便提供了自發輻射的機會；此外，他的理論還預測，當光通過一個物質時，會激發出更多的光放射出來。

假設說，光子喜歡在相同的狀態中集體移動，假如有一大群原子帶有過多的能量時，它們會隨時隨機地釋放出光子。然而，當一個帶著正確波長的光子經過時（或在雷射裝置中，發射到已受激的原子上），它會刺激原子提前釋放出光子，而被釋放出的光子會以和原先的光子相同的頻率和相位在同一方向移動；接下來就會產生一連串的效應：當一群相同的光子行經其他的原子時，就會有更多的光子從它們的原子中釋放出來，加入光子群。雖然要發明雷射器只需要找出合適的原子，加上，藉由連鎖反應來加強受激輻射的過程，但物理學家還是一直到1940 和1950 年代才找出了此觀念的用途。Charles Townes 在第二次世界大戰期間曾從事雷達系統的研究，大戰結束後，他轉而研究分子光譜學，這是研究光被分子吸收的技術。正如雷達一般，分子光譜學以光來撞擊分子的表面，然後分析四散的輻射，以決定分子的結構。但此技術受制於所產生的光之波長，在此指的是電磁波譜的微波。Townes 注意到，當微波的波長縮短時，光和分子的作用力會變強，更容易讓人了解它們的結構。他認為可以開發出一個裝置，來產生波長更短的光，最好的方法便是利用分子經由受激輻射來產生所需的頻率。

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%)

　　簡單他說，在光纖的受光角內，以某一角度射入光纖端面，並能在光纖的纖芯-包層交界面上產生全反射的傳播光線，就可稱之為光的一個傳輸模式。當光纖的芯直徑較大時，則在光纖的受光角內，可允許光波以多個特定的角度射入光纖端面，並在光纖中傳播，此時，就稱光纖中有多個模式。這種能傳輸多個模式的光纖就稱為多模光纖。如圖所示，以不同入射角入射在光纖端面上的光線在光纖中形成不同的傳播模式。沿光纖軸傳播的叫作基模，相繼還有一次模、二次模等。其中，模次較低的模為低次模，如二次模；模次較高的模為高次模。

|  |
| --- |
| http://159.226.2.2:82/gate/big5/mtw.kepu.net.cn/gb/technology/telecom/fiber/images/fbr21501_pic.jpg |
|  |

　　當光纖芯直徑很小時，光纖只允許與光纖軸方向一致的光線通過，即只允許通過一個基模。這種只允許傳輸一個基模的光纖就稱為單模光纖。

　　大家知道，光也是電磁波。從波的角度考慮，光纖纖芯內傳輸的光可以用細水路中行進的水波來類比：纖芯為細水路，包層為細水路的壁，箭頭代表波的行進方向，如圖（a）所示。這條細水路中的水波狀態可以用圖（b）所示的模式化圖形來表示。在纖芯內，存在著許多沿不同方向傳輸的光射線，這裡暫且只考慮類似水路中的①和②兩束波，它們以相同的入射角進入光纖，以相同的角度向纖芯－包層交界面行進。當光線②行進到交界面時，將產生反射，形成反射波，為②’。很明顯，①和②”就成為以相同方向行進的波。波有干涉性。當振幅相同、頻率也相同的兩個波相遇時，干涉波的強度是各波強度的疊加。如果這兩個波的相位相同，波峰和波峰、波谷和波谷都一致，則強度加強；如果這兩個波的相位相反，波峰對著波谷，則強度相互抵消為0。

|  |
| --- |
| http://159.226.2.2:82/gate/big5/mtw.kepu.net.cn/gb/technology/telecom/fiber/images/fbr21502_pic.jpg |
| 光在光纖中的干涉 |

　　光波也有干涉性。如圖（b）所示的①和②’這兩束以相同方向行進的波，如果它們的相位一致，則這兩束波相互加強，就可以一直傳播下去；如若這兩束波的相位不一致，與圖中所畫的相位相反，則它們就彼此削弱，直至最後消失。如此看來，只有以某些特定角度射入芯包交界面的波才能相互得到加強，繼續傳播至遠方。也就是說，光線與芯包交界面的角度為某些特定值的光波才不會被削弱，而形成一組一組的傳輸波，這被稱為傳播模式。依據光線與交界面間的夾角由小至大，分別稱這些傳播模式為0次模（基模）、一次模、二次模……

　　①並不是任何形式的光波都能在光纖中傳輸。每種光纖都只允許某些特定的光波通過，而其他形式的光波在光纖中無法存在。每一種允許在光纖中傳輸的特定形式的光波稱為光纖的一個模式。

　　②在同一光纖中傳輸的不同模式的光，其傳播方向、傳輸速度和傳輸路徑不同，其受到光纖的衰減也不同，觀察與光纖垂直的橫截面，就會看到，不同模式的光波在橫截面上的光的強度分佈圖形也不同，有的是一個亮斑，有的分裂為幾個亮點。

　　③進入光纖的光在芯包交界面上的入射角大於臨界角時，就在光纖內產生全反射；而入射角小于臨界角的光就有一部分進入包層，被很快衰減掉。前者的傳輸損耗小，能作遠距離傳輸，稱為傳導模。

　　④能滿足全反射條件的光線也只是具有特定角度的部分才能在光纖中傳輸，因此，不同模式的光的傳輸方向不是連續改變的。當通過一段光纖時，以不同角度在光纖中傳輸的光所走的路徑也不同。沿光纖軸前進的光走的路徑最短，而與軸線交角大的光所走的路徑則較長。