**光電材料與元件期末報告**

電機一甲 70305106 廉傑昇

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%)

**可行性:**

1. 彈道速度與射速快。

雷射當然是光速前進，就射速而言通常也會比其他武器快些。

1. 有效射程遠與精確度高。

這點是從速度來的，如果要求同樣的精確度，速度越快的武器當然有效射程就越遠。這也就是你拿手槍打人通常比拿石頭丟人容易打中的緣故。而在相同的射程要求下，也是彈道速度較快的武器精確度較高。

三.威力隨距離遞減。

雷射看起來像是直線，實際上還是會擴散的。60年代美國登月時在月球上放了個反光版，從某天文台向其發射雷射去測量地月距離。發射出去的雷射直徑不到一公分，但是打到月球表面就變成一個直徑約 3.2公里的光斑了。所以雷射砲攻擊目標時如果距離太遠，則就會像是在幫人取暖一樣，單位面積投擲的能量密度不足，照的到但打不穿。因此雷射的聚焦能力（擴散角）也限制了它的有效射程。

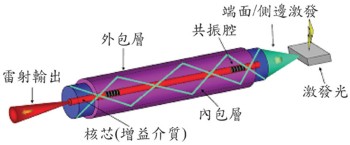
**關鍵問題:**

雷射反射鏡多半是用抗熱材料鍍上數層特殊塗膜而成，並且也可以使用多個小鏡片組合構成的複合反射鏡組。複合鏡組只要調整各個小鏡片的角度便可以微調焦距，製造上也比單一巨大鏡面簡易，只是系統會比較複雜。另外要注意的是雷射炮可以在有效射程外做為雷達使用來偵測敵人位置。調整一下波長或是反射鏡曲率便可以增大擴散角以增加涵蓋面積，這樣一來雷射雖然打不穿敵人，但會有一部份光線反射回來可以作為資料分析，就跟雷達一樣。這可能是未來太空中的主要偵測系統之一。雷射砲必要時甚至可以作為通訊的工具，雷射砲塔也可以作為指向通訊的訊號塔。當然此時就要注意輸出和距離，不能強到打破友艦。

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%)

**限定說明:**

以半導體雷射激發之光纖雷射，繼承半導體雷射之輕、薄、短、小與壽命長優點，同時光纖雷射保有固態雷射的高品質輸出橫向、縱向模態特性，逐漸取代氣體及傳統固態雷射。透過拉曼串接及頻率轉換等非線性效應，使光纖雷射幾乎可以產生可見光到中紅外波段雷射光輸出，進而拓展光纖雷射的應用領域。光纖雷射主體係由共振腔、增益介質及激發光源所構成 (如圖一)，由於使用光纖光柵作為共振腔，而不需額外的鏡片，因此可使光纖雷射更為穩固；增益介質則使用摻雜稀土元素如釹、鐿、鉺及銩等玻璃光纖。

  
圖一、光纖雷射架構示意圖

**材料、光學原理說明:**

**1.材料:**

光纖雷射之激發光源係使用高功率半導體雷射，波長大多是介於 800 nm – 980 nm 之間，主要由光纖雷射增益介質之活性離子決定。摻雜稀土元素之玻璃光纖具有兩層的包層結構 (double cladding fiber)，分別為玻璃材質之內包層及高分子材質之外包層，激發光可在直徑較大的內包層內全反射傳播，經過摻稀土元素之核芯處激發出雷射光而於核芯傳播，此種結構可有效將高功率多模態半導體雷射耦入內包層，提升輸入激發光之功率，並保有單模態信號光之輸出。

**2.光學原理:**

摻釹光纖雷射 (neodymium doped fiber laser, NDFL) 主要的發光波長為 1064 nm，目前已成功發展出 1 kW 的功率輸出，然而受限於自抑限制，無法大幅提升釹之摻雜濃度，因此難以製作長度較長、模態區較大的核芯以維持單模態輸出之高功率光纖雷射。另外由於其量子缺陷較大，受限於上述原因導致商用之摻釹高功率光纖雷射並不常見。相較之下，鐿離子乃為高功率光纖雷射主要之摻雜活性離子，具有相當寬廣的吸收光譜線，主要為 850 nm – 1 µm，可以使用 AlGaAs (800–850 nm) 與 InGaAs (980 nm) 半導體雷射做為激發光源。常用來產生高功率光纖雷射的波長主要是 1060 nm 波段，屬於準四能階系統，目前單模態輸出之摻鐿光纖雷射 (ytterbium doped fiber laser, YDFL) 約可產生 2 kW。波段在 1.5–1.7 µm 間的雷射被稱為眼睛安全波段之高功率雷射，應用於雷射雷達、醫療美容 (尤其是飛梭雷射 FraxelTM laser) 等，適合產生此波段的稀土元素為鉺－鐿共摻雜，搭配共振產生 1.55 µm 波長之雷射輸出，目前共摻雜鉺－鐿光纖雷射 (Er:Yb co-doped fiber laser, EYDFL) 約可產生 100 W 之單模態雷射輸出。

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%)

**內部量子效率：**

在半導體裡面，電子電洞複合，產生光子的效率。例：如果有100個電子電洞對，在半導體裡複合，產生50顆光子，這樣他的內部量子效率為50%。

**外部量子效率：**

真正在半導體外面所接收到的光子的效率。例：當內部量子效率所產生50顆光子，只有25顆光子在半導體外面被接收到，這樣他的外部量子效率為50% 。

**LED亮度的最大極限:**

LED屬於冷性發光，壽命長達10萬小時以上，並具有無須暖燈時間、反應速度快(約在10-9秒)、體積小、用電省、污染低、適合量產及具高可靠度等特點，故可配合應用在需要製成極小或陣列式的元件，因此適用範圍廣，一般來說，LED應用可由可見光與不可見光兩大類區分；在可見光部分，又可分為一般亮度及高亮度，其中高亮度LED亦可進一步區分為高亮度LED及超高亮度LED，目前可見光LED已普遍應用在生活中多項產品如手機、PDA產品的背光源、資訊與消費性電子產品的指示燈、工業儀表設備、汽車用儀表指示燈與煞車燈、大型廣告看板及交通號誌等；至於不可見光，主要分為二種，短波長紅外光應用在無線通訊用(如IrDA模組)、遙控器、感測器；長波長紅外光則用在短距離光纖之通訊光源。

高功率1WATT LED

目前公認最亮的LED,因為操作電流可達350 mA,(0.5W以上)，但是目前為止散熱一直是此類LED最大的致命傷,因此本公司不急於發賣單顆LED 1WATT以上產品,因為過熱會容易照成LED快速死亡  


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:**

有時一個科學的突破會在日常生活中產生革命性的影響，雷射的發明就是一個例子。雷射是指經由受激輻射所產生的光波放大，剛發明時，沒有人料到它是如此一個有用〈也很賺錢〉的裝置，但結果它開啟了一個新的科學領域，並造就了現在數百億美元的產業。雷射的原理要追溯至 1917 年，當時愛因斯坦最先描述受激輻射的理論。但它實際的裝置則源起於1940 年代和 1950 年代初期，尤其是微波光譜學的研究，這是物理學家 Charles Townes、Arthur Schawlow和其他科學家用來發現各種不同分子特性的有力工具，以及接著並有邁射〈經由受激輻射而產生的微波放大〉的發明。

在第二次世界大戰結束後，Townes 對於可以利用 受激輻射來探測氣體分子能譜深感興趣。當微波輻射 的波長越短時，它和分子的作用則越強，成了更有力 的光譜學工具。在馬里蘭大學和莫斯科 Lebedev 實驗 室的研究員分別發明了類似邁射裝置的兩年後， Townes 和他在哥倫比亞大學的同事於 1953 年示範了 一個可行的邁射。

然而，Townes 知道紅外線和光學光線的波長更 短，對於光譜學是更有用的工具，所以當他去貝爾實 驗室訪問時，就跟 Schawlow 提及將邁射原理延用到 短波的光束上。Schawlow 想出了在裝置兩端各放一鏡面的方法，讓光來回移動，如此一來可以不讓反射到 其他方向的光束被放大。他認為這樣他們可以調整裝 置的大小，使雷射具有落在原先所選定頻寬內的單一 頻率；鏡面的大小也能調整，以減弱其細微偏離軸心 的運動。他還建議雷射裝置使用特殊的固態材質。

**受激輻射:**

**受激發射**（[英語](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8B%B1%E8%AF%AD)：Stimulated emission）是[雷射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%B7%E5%B0%84)的主要光源。**受激發射的光放大**（[英語](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8B%B1%E8%AF%AD)：Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation）縮寫就是「LASER」。受激發射概念是由[阿爾伯特·愛因斯坦](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%98%BF%E5%B0%94%E4%BC%AF%E7%89%B9%C2%B7%E7%88%B1%E5%9B%A0%E6%96%AF%E5%9D%A6)在他1917年發表的論文《關於輻射的量子理論》中提出的；大約10年後，英國著名物理學家、劍橋大學教授[保羅·狄拉克](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BF%9D%E7%BD%97%C2%B7%E7%8B%84%E6%8B%89%E5%85%8B)首次實驗證明受激發射的存在。

在說明受激發射之前需先了解[原子](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8E%9F%E5%AD%90)的[能階](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%83%BD%E9%9A%8E)之概念，其中發出光最重要的就是所謂[躍遷](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BA%8D%E9%81%B7)。

* 原子結構
  + 原子基本上由原子核、電子組成。若有外來能量使電子與原子核的距離增大，則內能增加；反之減少。
* 原子能階
  + [波爾假說](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%B3%A2%E7%88%BE%E5%81%87%E8%AA%AA&action=edit&redlink=1)：原子存在某些定態，在這些定態時不發出也不吸收電磁輻射，原子定態能量只能採取某些分立值E1、E2等，這些定態能量的值稱為能階。
  + 電子通過[能階](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%83%BD%E9%9A%8E)[躍遷](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BA%8D%E9%81%B7)可以改變其軌道，當它從離原子核較遠的軌道（高能階）躍遷到離原子核較近的軌道（低能階）上時將會發射出光子，反之將會吸收光子。每個躍遷對應一個特定的能量和波長。

與躍遷對應的高能階能量E2和低能階能量E1 滿足關係式：E_2-E_1={h}{\nu}=\frac{hc}{\lambda}

* 上式中 c指真空中的光速，c=3*10^8m/s，λ為波長，ν為頻率，h為[普朗克常數](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%99%AE%E6%9C%97%E5%85%8B%E5%B8%B8%E6%95%B8)；h=6.62*10^{-34} J．s

## 發光

正常情況下，大多數粒子處於基態，要使這些粒子產生輻射作用，必須把處於基態的粒子激發到高能階上去。由於原子內部結構不同，相同的外界條件使原子從基態激發到各高能階的機率不同。通常把原子、分子或離子激發到某一能階上的可能性稱為這一能階的「激發機率」。

理論研究表明，光的發射過程分為兩種，一種是在沒有外來光子的情況下，處於高能階E2的一個原子自發地向低能階E1躍遷，並發射一個能量為的光子，這種過程稱為「自發躍遷」；由原子[自發躍遷](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%87%AA%E7%99%BC%E8%BA%8D%E9%81%B7&action=edit&redlink=1)發出的光波稱為[自發發射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%AA%E5%8F%91%E5%8F%91%E5%B0%84)。

另一種發射過程是處於高能階E2上的原子，在頻率為ν的輻射場作用下，躍遷至低能階E1並輻射一個能量為的光子，這種過程稱為受激發射[躍遷](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BA%8D%E9%81%B7)；受激發射躍遷發出的光波，稱為受激發射。

受激發射與自發發射最重要的區別在於干涉性。自發發射是原子在不受外界輻射場控制情況下的自發過程，大量原子的自發輻射場的相位是不干涉的，輻射場的傳播方向和偏振態也是無規分布，而受激發射是在外界輻射場控制下的發光過程。因此，受激輻射場的頻率、相位、傳播方向和偏振態與外界輻射場完全相同。雷射就是一種受激發射的干涉光。

### 受激發射躍遷機率[[編輯](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%8F%97%E6%BF%80%E5%8F%91%E5%B0%84&action=edit&section=3)]

W_{21}=\left[ \frac{dN_{21}}{dt} \right]_{st} *  \frac{1}{N_2}=B_{21}\boldsymbol{\rho}\nu  
W_{21}定義為單位時間內，N_{2}個高能階原子中發生躍遷的原子數與N_{2}之比  
B_{21}為受激發射躍遷[愛因斯坦係數](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%88%B1%E5%9B%A0%E6%96%AF%E5%9D%A6%E7%B3%BB%E6%95%B0)，為輻射場單色能量密度。單位體積內，頻率處於ν附近的單位頻率間隔中的電磁輻射能量。

受激發射躍遷機率不僅與原子性質有關，還與輻射場的ρν有關。

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%)

光是電磁波的一種，而光纖可視為是電磁波的波導(Wave-guide)，若我們以邊界條件的概念來推導入射波的傳遞模態(propagation mode)，在固定波導直徑大小下，當某個頻率以下(波長以上)的傳輸時，波導內只容許一個路徑傳播，我們稱此頻率為截止頻率(Cutoff frequency)或截止波長(Cutoff wavelength)，在截止波長以上只有一種傳遞路徑者稱為單模(SM Single Mode)，以下者(有兩種以上傳輸路徑)稱為多模(MM Multi Mode)。 以850nm的波長為例，100/140µm步階式光纖可以有數千種以上的模態(如TE00、TE01….為其中兩個模態，而一個模態代表一個傳輸的路徑)，因此光在傳輸時有數千種路徑可選擇，而造成多模失真(Multimode Dispersion)，而使得傳輸能力限制在每公里20Mb/s，若為塑膠光纖則會受到約每公里5Mb/s的上限，因此限制了上述步階式直徑的光纖傳輸極限，但卻因為製程所需費用較節省而適用於短距傳輸上，如LAN、汽車內部通訊或視聽音響系統中。 解決多模失真的方案是採用漸進式折射率光纖，如圖十三所示，其核心層中央的折射率較大，而靠近披覆層的折射率較小，因光在折射率大的介質中速度較慢，因此在不同路徑下，到達的時間趨於一致，而使模態失真減少，一般常用的漸進式折射率光纖有50/125µm與62.5/125µm兩種，其傳輸能力可以提高到每公里1Gb/s。 前提到在截止波長以上稱為單模光纖，若以1300nm或1550nm為截止波長，其相對應的光纖為9/125µm與 10/125µm兩種。理論上，傳輸能力可達到每公里1000Gb/s，但因有其他原因(CD、PMD)，使得單模光纖傳輸速度無法完全達到1000Gb/s。