**光電材料與元件期末考試題**

**班級:進修電機一甲 姓名:李宏益 學號:70305122**

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%)

講到太空大戰當然少不了雷射炮。雷射砲屬於導能武器系統之一，它有幾個特點：

一、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。

二、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。

　　但是大家要注意，上面的例子只是用來讓大家瞭解概念的特例，那只是測距雷射，武器級雷射的擴散角是非常小的。雷射的擴散幅度單位稱為「微弳」(μrad)。1微弳就是百萬分之一個弳(rad) 。通常我們把雷射源視為一個點，把目標距離乘上百萬分之一就是一微弳雷射的靶區直徑。也就是說具有１微弳擴散角的雷射射擊一百萬公尺(一千公里)遠的目標，則靶區將是一個一公尺直徑的圓。而各種雷射的收束力有幾微弳呢？這可以用一個簡單的公式表示之：

　　rad=使用的光束波長(單位為μｍ)÷反射鏡直徑(單位為ｍ)×1.2

　　此為理論雷射擴散界限值。其中的μｍ乃微米，即百萬分之一(10的負6次方 )公尺。將該代入的數字加減乘除之後會得出一個答案，這就是使用某波長某直徑反射鏡的理論微弳值。如果使用波長為10nm(0.01μｍ)的硬Ｘ光雷射，外加直徑十公尺的反射鏡，則打到一光秒(30萬km)以外會成為一個直徑36公分的圓形靶。這是差不多的數字。通常由於能量密度的因素，光束靶直徑大於一公尺的話算是擴散會太過嚴重，可能會打不穿裝甲或是只削一個淺洞而已。故這種雷射的有效射程上限約在一到三光秒之間。又根據上面的公式可知，想增加雷射的聚焦能力(即射程)基本上有兩種方法：使用更短波長的光束或是使用更大的反射鏡。而前者遠比後者困難，所以主要會以增加反射鏡直徑為主。

　　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。

四、雷射砲彈藥價格便宜且數量龐大。

　　這個非常明顯，雷射產生裝置本身可能很貴，但用的彈藥便是能源，而能源通常是很便宜的，彈藥儲存空間的問題也很小，雷射彈藥的儲存空間可以視為燃料的空間，甚至可以直接使用主引擎的動力而不需要攜帶他種燃料。如果是飛彈或是其他東西，則還有導向系統與引擎彈體的價格，還要浪費空間與酬載量去裝，因此雷射武器的彈藥價格與其他武器相比，可說非常便宜。

　　就目前的行情，一枚飛彈要數萬到上百萬美金之間，宇宙中用的大型飛彈將會更貴。但是目前雷射的燃料費一發只不過數百到數千美金而已 (當然是地球上使用的低威力反飛彈雷射的價格) 。雷射砲的缺點是與其他武器相比其威力不足，破壞範圍較小，要防禦也較方便。

　　但有一點要注意的是，船殼採用反射材質來抵抗雷射的概念是沒有用的。高反射率材質在宇宙中極端不利於匿蹤，它將會反射大量日光，使船艦可以在非常遠的地方被偵察到。而即使是高反射率的材質也不可能反射所有波段的光線，此時只要偵測其吸收頻譜便可以輕易攻擊之。吸收頻譜觀察技術目前被大量運用在恆星與行星觀測時的物質光譜分析上。也就是將從目標反射的光線(即目標影像)予以光學分析，找出其最易吸收的波段，這在分析光譜上是黑色的部份，亦即被目標吸收掉而極少反射出來的部份，便可以用可調頻的自由電子雷射調整到該波段進行攻擊，讓能量盡量被目標完全吸收；再者若使用高能的Ｘ射線雷射與迦瑪射線由於波長太短也十分難以反射，故反射防禦法實用性並不大。

　　又，若船殼採用低反射率的光線吸收材質，則會不利於隔熱散熱，特別是在接近恆星的地方會大量吸熱而導致機件故障，故船殼將會在匿蹤與散熱兩者間取個平衡。但對於船艦本身的運轉需求而言，隔熱／散熱的需求優先度將會高於匿蹤的需求。

　　不過雷射是主要是讓船殼吸收熱能來打洞，因此若是在船殼中加上夾層灌進具有高吸熱量的液體便可以吸收雷射的威力，亦可以對流來削減部份的熱能與脈衝傷害。如此一來雷射雖然穿了洞，但是大部份威力將會被吸熱液體材質吸收，然後這些液體從洞裡流出去的時候由於外面溫度是3k，所以會立刻冷凝把洞封住。
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%)

目前光通信使用的波長範圍是在近紅外區內，即波長為 0.8 至 1.8μm

以材料來說:

目前使用的光纖均為 SiO2（石英）系光纖，要減小光纖損耗，主要是靠提高玻 璃纖維的純度來達到，由於目前製成的 SiO2 玻璃介質的純度極高，所以光纖的 損耗極低。在光波長λ＝1.55μm 附近，衰減有最低點，可低到 0.2dB/Km， 已接近理論極限值。

以原理來說:

在介質內光纖的衰減，又稱為傳輸損失，指的是隨著傳輸距離的增加，光束（訊號）強 度會減低。現代光傳輸介質的高質量透明度，光纖的衰減係數的單位通常是 dB/km（每 公里長度介質的分貝）。

A、散射因素 粗糙、不規則的表面，甚至在分子層次，也會使光線往隨機方向反射，稱這現象為漫反 射或光散射，其特徵通常是多種不同的反射角。大多數物體因為表面的光散射，可以被 人類視覺偵測到。光散射跟入射光波的波長有關。可見光的波長大約是 1 微米。人類 視覺無法偵測到超小於這尺寸的物體。所以，位於可見物體表面的散射中心也有類似的 空間尺寸。光波入射於內部的邊界面時，會因為不同調散射而造成衰減。在光纖內，光 散射是由分子層次的不規則玻璃結構所造成的。另外，當光學倍率變高時，光纖的非線 性光學行為也可能會造成光散射。

 B、紫外線和紅外線吸收 由於不同的原子或分子有不同的自然振動頻率，它們會選擇性地吸收不同頻率（或不同 頻率帶）的紅外線光波。由於光波頻率不匹配光纖材料的自然振動頻率，會造成光波的 反射或透射。當紅外線光波入射於這不匹配的光纖材料，一部分能量會被反射，另一部 分能量會被透射，就會造成光纖傳遞的衰減。
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)及元件的光萃取率(Light Extraction Efficiency)的乘積。

**以內部來提高**

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。譬如說同質接面結構中，電子和電洞在半導體導體 帶中流動的很順利，因沒有很大的能障，使電子與電洞相遇而復合產 生光的機率極低，亦即發光效率很低。為提高電子、電洞復合機率， 便運用雙異質結構，使中間發光層的能隙，小於兩旁束縛層 的能隙高度。在發光二極體中所使用的材料，如氮化鋁鎵(AlGaN)／ 氮化銦鎵(InGaN)，當發光層與束縛層兩者之間的能隙差愈大，則注 入發光層的載子局限效果愈好。元件的光萃取率指的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，就是元件的外部量子效率。 早期元件發展集中在提升其內部量子效率，方法主要是利用提高 磊晶的品質及改變磊晶的結構，使電能不易轉換成熱能，進而間接提高LED的發光效率，而可獲得約 90%左右的理論內部量子效率。

**以外部來提高**

這樣的內部量子效率幾乎已經接近理論的極限，在這樣的狀況下， 光靠提升元件的內部量子效率是不可能提升元件的總光量，因此提升元件的光萃取率主要可以分為四個方向分別敘述如下:

**晶粒外型的改變**

傳統 LED Chip 的製作為標準的矩型外觀，因為一般半導體材料與封裝材料(Epoxy)的折射率相差甚多，使得交界面 全反射角小，又矩形的四個截面互相平行，光子在交界面離開半導體 的機率變小，讓光子只能在內部全反射直到被吸收殆盡，使光轉成熱 的形式，造成發光效果不佳。因此，改變 LED Chip 形狀是一個有效提升發光效率的方法。HP 與 Lumileds 公司所發展的 TIP(Truncated Inverted Pyramid)型晶粒結構[4個截面將不再是互相平行，而光就可以很有效地被引出來，外部量子效率則大幅提升至 55%，發光效率高達 100 lm/w，是第一個達到此目標的發光二極 體。之後，Osram Opto Semiconductors 也發表一系列以 SiC 為基板改 變晶片形狀的 LED，ATON及NOTA，這兩者的發光 效率至少也為傳統的 2 倍。

**晶片黏貼(Wafer Bonding)**

因為 LED 所產生的光線在經過多次全反射後，大部份都被半導 體材料與封裝材料所吸收。因此若使用會吸光的 GaAs 作為 AlGaInP LED 的基板時，將使得 LED 內部的吸收損失變更大，而大幅降低元 件的光萃取率。為了減少基板對 LED 所發出光線的吸收，HP 首先提 出透明基板之粘貼技術。所謂的透明基板黏貼技術主要是將發光二極 體晶粒先在高溫環境下施加壓力，並將透明的 GaP 基板粘貼上去， 之後再將 GaAs 除去，如此便可提高二至三倍的光萃取率。

**表面粗化(Surface Roughness)**

藉由將元件的內部及外部的幾何形狀粗化，破壞光線在元件內部的全反射，提升元件的光萃取率。這樣的方法最早是由日亞化學(Nichia)所提出，其粗化方法基本上是在元件的幾何形狀上形成規則的凹凸形狀，而這種規則分佈的結構也依所在位置的不同 分為兩種形式，一種是在元件內設置凹凸形狀，另一種方式是在元件 上方製作規則的凹凸形狀，並在元件背面設置反射層。目前若使用波 長為 400nm 的紫外元件，可獲得 35%外部量子效率，取出效率為 60%，為目前全球最高的外部量子效率與取出效率。

**覆晶封裝(Flip Chip)**

對於使用藍寶石基板(Sapphire Substrate)的 GaN系列材料而言， 因為其 P 極及 N 極的電極必須做在元件的同一側，若使用傳統的封 裝方法，佔元件大部分發光面積的上方發光面將會因為電極的擋光而 損失相當程度的光量，又因為藍寶石基板是透明的，如果可以將光由 藍寶石基板端取出，勢必光量大增，因此有 Flip Chip 的構想。 所謂的 Flip Chip 結構，即是將傳統的元件反置，並在 p 型電極上方製作反射率較高的反射層，藉以將原先從元件上方發出 的光線從元件其他的發光角度導出，而由藍寶石基板端緣取光。這樣 的方法因為降低了在電極側的光損耗，可有接近於傳統封裝方式兩倍 左右的光量輸出。另一方面，因為覆晶結構可直接藉由電極或是凸塊 與封裝結構中的散熱結構直接接觸，而大幅提昇元件的散熱效果，進 一步提升元件的光量。

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%)

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「自發輻射」〈spontaneous emission〉。自發輻射決定了所有如吸收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。 愛因斯坦假設說，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，加上反射鏡，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。Townes跟他的同事 Arthur Schawlow〈後來 成了連襟〉提及此想法，Schawlow 建議在雷射裝置 的原型中裝上兩面鏡子，分別安裝於雷射腔的兩端。特殊波長的光子就會從鏡子反射回來，在發出雷射光的媒介物中來回移動，如此，它們會輪流讓其他的電子，在相同的波長中釋放出更多的光子，而回到基態，也唯有選定的波長和頻率範圍的光子可以被增強。 Townes 和 Schawlow 兩人合寫了論文，詳細說明 他們的概念，雖然他們尚待建造一可行的原型，論文卻先於 1958 年 12 月在《物理評論》〈Physical Review〉 中發表出來。兩年後，他們獲得了此設計的專利，同年休斯航空公司（Hughes Aircraft Company） 的 Theodore Maiman 即建造出第一個可運轉的雷射器。
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%)

光纖通訊系統，大致區分為國與國之間的全域整合網路系統(Globally-integrated Network)，區域骨幹網路系統(Regional IP Backbone Network)，及用戶端(User Access Link)三類。

1. 在全域整合網路系統方面(1萬公里)

主要以海底光纜(Undersea Fiber Cable)為主要之通訊，所提供之傳輸速率方面的服務將指向5~10Tb/s，且必然同時採取OTDM/WDM的多工方法。

2. 在區域骨幹網路系統方面(20~100公里)

所提供之傳輸速率方面的服務將從2.5、10、40Gb/s一路攀升且以1000個通道為目標。

3. 在用戶端網路系統方面

光纖到家(FTTH)將以150Mbps為目標、光纖到建築(FTTB) 將以每個通道10Gbps為目標。