**光電材料與元件期末考試題** 電機一甲 70305120 張文沛

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:美、俄、英三國雷射武器運用實例

(一)美國

①1991年底（波灣戰爭爆發前幾個月），美國為阻止法國出售波灣地區衛星圖像予伊拉克，特別利用雷武射擊法國運行在波斯灣上空一枚名為「斯波特」的間諜衛星，使該衛星偵照功能受到嚴重的損壞。

②20世紀末，美國田納西州警方在處理一件綁架案時，為解救人質，特別從軍方借調了一支“致僵”雷射槍，經狙擊手擊中綁匪暴露於窗外的槍管後，綁匪被經由金屬槍管傳導之雷射光束擊中而立即倒地，使警方順利的捕獲該名綁匪並救出人質。

(二)俄羅斯

①1975年11月，前蘇聯為保護其在西伯利亞某處戰略導彈基地之秘密，在美國兩顆新型間諜衛星繞行至該處某一導彈試驗場上空時，以戰略性陸基型雷射砲將之擊落。

②1984年，前蘇聯曾使用戰略性高能雷射武器偷偷地射擊美國的太空梭，造成太空梭功能故障。

③1997年4月4日，美國和加拿大飛行員共同駕駛一架海王式直昇機，聯合對一艘疑似俄羅斯間諜船的貨輪進行監偵照相任務之際，亦遭到俄羅斯裝置於間諜船上的雷射武器擊中，造成駕駛員眼睛受到嚴重的灼傷。

④另在車臣戰場上，俄羅斯為試驗新研發出之一種極為先進的小型雷射槍，其特戰部隊特於格羅茲尼附近，偷偷地使用雷射槍攻擊車臣游擊隊而成功的擊斃目標。

(三)英國

1982年，英國與阿根廷發生福克蘭群島戰爭，阿根廷空軍在攻擊英國艦隊時，其戰機發生多次不明原因的墜海、偏離航道，甚或誤入英軍防空火網範圍而被擊落，似乎亦與雷射武器之運用有關

關鍵問體:雷射武器的是不能全天候作戰，受限於大霧、大雪、大雨，且雷射發射系統屬精密光學系統，也受大氣影響嚴重，如大氣對能量的吸收、大氣擾動引起的能量衰減、熱暈效應、湍流以及光束抖動引起的衰減等。由於雷射武器需要大量的電能，在能量儲存設備難微型化（如高能電池）的問題解決前，比較難實現大規模應用。

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%)

材料:

（a）近紅外光分光鏡：石英（quartz），以矽（n＝3.6）鍍在石英表面，因石英不易解潮。工作範圍15600～2000 cm-1。

（b）中紅外光分光鏡：溴化鉀（KBr），以鍺（Ge）鍍在溴化鉀表面，因溴化鉀易受潮，必須另外加以乾燥。工作範圍10000cm-1~370cm-1。

（c）遠紅外光區分光鏡：柵極（grid），具有極高的分光效率，但所具有光譜量測範圍較小怕潮，需加以乾燥。工作範圍720cm-1～30cm-1。

光學原理:

利用紅外光譜儀的量測，一般可分為穿透和反射兩類，我們常藉由紅外光束穿過待測物質而獲得其穿透或吸收光譜，但是當碰到不透光的樣品（如金屬板）或在某些光區不透光的樣品（如玻璃）中，因紅外光不穿透，無法由穿透光譜瞭解其振動結構，因此我們進行反射光譜的量測，以獲得其結構的振動光譜。其中反射的方式又細分為三種：

\* 漫反射（Diffuse Reflection）

當一束光打到表面不平整的顆粒環境時，部份的光入射到樣品中，會因折射現象而偏折、或在樣品內產生多次反射，產生各種角度的散射光，收集偵測各角度的光來獲得樣品的光譜，主要是運用在固體和粉末樣品的分析。有時我們也可利用SiC的擦子擦拭樣品，使樣品粉末附著在SiC上，再測其紅外光譜。

\* 全反射（Attenuate Total Reflection -- ATR）

在測量吸收性強的材料光譜時，ATR光譜是一個選擇方式。這個現象首先在1959年的紅外光譜學研究中提到，當紅外光進入一高折射率材料的稜柱時，在內部產生多次反射，利用每次的反射時在稜柱的表面產生微小的滲透波（evanescent wave）進入樣品，如果滲透波（evanescent wave）輻射被樣品吸收，則在吸收譜帶的波長處調減。

\* 鏡面反射（Specular Reflectance）

一束光打到表面平整光滑的樣品形成鏡面反射，遵守反射定律，我們在這次實驗即是使用這種技術，使用的反射附件如圖3-2所示，為Perkin-Elmer公司所出的Model 1600變角度反射附件（Variable Angle Specular Reflectance accessory），入射光的角度選擇可由15度至75度。反射附件校準完畢後的最低要求標準是以35度的角度入射時，在1000 cm-1的位置至少可讓50﹪的光通過，確保高通光量以降低實驗中的雜訊。

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%)

內部效益:

一個雙層異質結構包含發生復合的主動區，以及

兩層包夾著主動區的侷限層，圖**4.1** 為一個雙層異

質結構的**LED** 結構簡圖，其中的兩層包覆層

（**cladding layer**）或是侷限層（**confinement**

**layer**）的能隙比主動區能隙大。



外部效益:

外部量子效率為內部量子效率及光萃取效率的相乘積。意義為通入元

件的電子以及最後能夠進入空氣中的光子比例。因為外部量子效率的計算

包含了內部量子效率以及光萃取效率，因此通常利用外部量子效率來表現

元件的效率。外部量子效率的值可以在知道內部量子效率以及光萃取效率

後，利用兩者的相乘積得到；另一種方式可以利用積分球測得光電流，由

光電流換算成光子數，再由光子數除以通入元件的電子數因而可以得到外

部量子效率。

最大極限:

LED 固態照明的效率最後反應在最終燈具的整體效率上，但是其效率的優劣卻是須從晶片效率、白光LED 封裝效率、電源效率到、燈具光學效率甚至到照明的光學有效利用率來進行分析，每個環節技術都非常重要不容忽視。因此本計劃提出一個為期三年的「LED 照明被動發光能量效率極限之研究」，其中的被動發光能量效率即是以光學萃取、封裝效率、光學效率與光學利用率為重點的研究，試圖找出上述層面的效率極限。在本計畫中晶片出光效率的部分，我們發展出高精度光萃取模型，利用此模型可進行晶片光萃取機制效率極限之研究；在白光LED 封裝技術上， LED 製程上技術的精進與 LED 之光學模擬與設計的能力皆非常重要，本研究團隊以白光LED 之螢光粉光學特性研究並建立精確之螢光粉光學模型，利用此螢光粉模型即可進行各種封裝結構之效率分析；最後，在光學效率上，將利用本研究團隊所發展之中場擬合法來建構精準之光學模型來設計燈具並探討其有效利用率。因此在本計畫中，我們將會分成三大主軸同時進行研究，分別是LED 晶片光萃取效率極限、白光LED 封裝效率極限與燈具設計與有效利用率之分析，希望藉由三年的研究，能對LED 固態照明的一些技術上的極限提供清楚的分析，以提供給各白光照明產業界與學術界為參考指標。

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:

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。

受激輻射理論:

1917年，愛因斯坦提出物質與輻射的作用有三個基本的過程，即激發吸收，自發放射和激發放射三種。

1928年，Rudolf W. Ladenburg透過實驗證實了愛因斯坦的吸收(absorption)、自發放射(spontaneous emission)、激發放射(Stimulated emission)理論。

1930年，愛因斯坦描述了原子的受激輻射。在此之後人們很長時間都在猜測，這個現象可否被用來加強光場，因為前提是介質必須存在著群數反轉（或譯居量反轉）的狀態。在一個二級系統中，這是不可能的。人們首先想到用三級系統，而且計算證實了輻射的穩定性。

1939年，Valentin A. Fabrikant預測以激發放射來達成光放大。

1947年，Willis E. Lamb 與 R. C. Retherford在氫光譜中發現激發放射之譜線，並以實驗驗證。

1950年，Alfred Kastler提出光泵(Optical Pumping)之理論。

1952年，Brossel, Kastler, 和Winter透過實驗證實Alfred Kastler之理論。

1953年，Charles H. Townes, James P. Gordon 和 Herbert J. Zeiger製造出第一具微波放大器，當時稱為MASER (其原理與現在所稱的雷射相同)。

1955年，Prokhorov 與 Basov提出多能階光泵理論。

1957年，Gordon Gould提出光共振腔理論。

1958年，美國科學家查爾斯·湯斯和阿瑟·肖洛發現了一種神奇的現象：當他們將氖光燈泡所發射的光照在一種稀土晶體上時，晶體的分子會發出鮮艷的、始終會聚在一起的強光。根據這一現象，他們提出了"雷射原理"，即物質在受到與其分子固有振蕩頻率相同的能量激發時，都會產生這種不發散的強光--雷射。他們為此發表了重要論文，並分別獲得1964年和1981年的諾貝爾物理學獎。

1958年，Prokhorov在蘇聯亦提出與Gordon Gould相同之理論。

1960年5月16日，美國加利福尼亞州休斯實驗室的科學家梅曼（T. Maiman）博士宣布獲得了波長為0.6943微米的雷射，這是人類有史以來獲得的第一束雷射，梅曼因而也成為世界上第一個將雷射引入實用領域的科學家。他的方案是，利用一個高強閃光燈管，來刺激紅寶石。紅寶石在物理上是一種摻有鉻原子的剛玉，當紅寶石受到刺激時，就會發出一種紅光。在一塊表面鍍上反光鏡的紅寶石的表面鑽一個孔，使紅光可以從這個孔溢出，從而產生一條相當集中的纖細紅色光柱，當它射向某一點時，可使其達到比太陽表面還高的溫度。

1960年，前蘇聯科學家尼古拉·巴索夫發明了半導體雷射器。半導體雷射器的結構通常由p層、n層和形成雙異質結的有源層構成。其特點是：尺寸小、p合效率高、響應速度快、波長和尺寸與光纖尺寸適配、可直接調製、相干性好。

1961年，中國大陸第一台雷射器在中科院長春光機所由王之江等研製成功。但當時中國並沒有激光一詞，中國科學界對它的英文的翻譯多種多樣，例如「光的受激輻射放大器」、「光量子放大器」這些名字顯然太長，不利於稱呼。還有一些音譯，如「萊塞」或者「鐳射」。

1961年，第一台氣體雷射—氦氖雷射，也馬上被製造產生。

1962年，又出現了半導體雷射。

1964年，C. Patel 發明了第一台二氧化碳（CO2）雷射。

1965年，貝爾實驗室又發明了第一台YAG雷射。

1968年，開始發展高功率的CO2雷射。

1971年，出現了第一台商用的1000瓦CO2雷射。因應市場的需求，以後雷射的發展就非常快速，各種實用化的CO2雷射和YAG雷射以及其它種種的雷射，就不斷的出現。

1980年代後期，半導體技術使得更高效而耐用的半導體雷射二極體成為可能，這些在小功率的CD和DVD光碟機和光纖數據線中得到使用。

1990年代，高功率的雷射激發原理得到實現，比如片狀雷射和纖維雷射。後者由於新的加工技術和20kW的高功率不斷地被應用到材料加工領域中，從而部分的替代了CO2雷射和Nd:YAG-雷射。

2000年代，雷射的非線性得到利用，來製造X射線脈衝（來跟蹤原子內部的過程）；另一方面，藍光和紫外線雷射二極體已經開始進入市場。

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%)

1、多模光纖是光纖通信最原始的技術，這一技術是人類首次做到通過光纖來進行通信的一項革命性的突破。

2、隨著光纖通信技術的發展，特別是雷射器技術的發展以及人們對長距離、大信息量通信的迫切需求，人們又尋找到了更好的光纖通信技術----單模光纖通信。

3、光纖通信技術發展到今天，多模光纖通信固有的很多局限性愈發顯得突出：

①多模發光器件為發光二極管（LED），光頻譜寬、光波不純淨、光傳輸色散大、傳輸距離小。1000M bit/s帶寬傳輸，可靠距離為255米(m)。100M bit/s帶寬傳輸，可靠距離為2公里(km)。

②因多模發光器件固有的局限性和多模光纖已有的光學特性限制，多模光纖通信的帶寬最大為1000M bit/s。

4、單模光纖通信突破了多模光纖通信的局限：

①單模光纖通信的帶寬大，通常可傳100G bit/s以上。實際使用一般分為155M bit/s、1.25G bit/s、2.5G bit/s、10G bit/s。

②單模發光器件為雷射器，光頻譜窄、光波純淨、光傳輸色散小，傳輸距離遠。單模雷射器又分為FP、DFB、CWDM三種。FP雷射器通常可傳輸60公里(km)，DFB和CWDM雷射器通常可傳輸100公里(km)。

5、數字式光端機採用影片無壓縮傳輸技術，以保證高質量的影片信號實時無延遲傳輸並確保圖像的高清晰度及色彩純正。這種傳輸方式信息數據量很大，4路以上影片的光端機均採用1.25G bit/s以上的數據流傳輸。8路影片的數據流高達1.5G bit/s。

因多模光纖最大帶寬僅為1G bit/s，如果採用多模光纖傳輸，勢必造成信息丟失、影片圖像出現大量雪花甚至白斑、數據控制失常。

另一個致命的因素就是傳輸距離的限制，多模光纖1G bit/s帶寬的傳輸距離理論上是255米(m)，如果考慮到光鏈路損耗，實際距離還要小幾十米。

6、從單模光纖通信技術誕生之日起，就意味著多模光纖通信方式的淘汰。目前用多模光纖傳輸的已經很少了，只是因為市場的慣性而延續至今，對光纖通信這一行業的人來說，這早已是不爭的事實。我們認為應該本照著對用戶負責，對用戶長遠需求負責的精神提出合理建議

根據傳輸點模數的不同，光纖可分為單模光纖和多模光纖。所謂"模"是指以一定角速度進入光纖的一束光。單模光纖採用固體雷射器做光源，多模光纖則採用發光二極管做光源。多模光纖允許多束光在光纖中同時傳播，從而形成模分散(因為每一個「模」光進入光纖的角度不同它們到達另一端點的時間也不同，這種特征稱為模分散。)，模分散技術限制了多模光纖的帶寬和距離，因此，多模光纖的芯線粗，傳輸速度低、距離短，整體的傳輸性能差，但其成本比較低，一般用於建築物內或地理位置相鄰的環境下。單模光纖只能允許一束光傳播，所以單模光纖沒有模分散特性，因而，單模光纖的纖芯相應較細，傳輸頻帶寬、容量大，傳輸距離長，但因其需要雷射源，成本較高。

多模光纖

多模光纖中光信號通過多個通路傳播;通常建議在距離不到英里時應用。

多模光纖從發射機到接收機的有效距離大約是5英里。可用跟離還受發射/接收裝置的類型和質量影響; 光源越強、接收機越靈敏，距離越遠。研究表明，多模光纖的帶寬大約為4000Mb/s。

製造的單模光纖是為了消除脈沖展寬。由於纖芯尺寸很小(7-9微米)，因此消除了光線的跳躍。在1310和 1550nm波長使用聚焦雷射源。這些雷射直接照射進微小的纖芯、並傳播到接收機，沒有明顯的跳躍。如果可以把 多模比作獵愴，能夠同時把許多彈丸裝人槍筒，那麼單模就是步槍，單一光線就像一顆子彈。

單模光纖

單模光纖的纖芯較細，使光線能夠直接髮射到中心。建議距離較長時採用。

另外，單模信號的距離損失比多模的小。在頭3000英尺的距離下，多模光纖可能損失其LED光信號強度的50%，而單模在同樣距離下只損失其雷射信號的6.25%。

單模的帶寬潛力使其成為高速和長距離數據傳輸的唯一選擇。最近的測試表明，在一根單模光纜上可將40G以太網的64信道傳輸長達2，840英里的距離。

在安全應用中，選擇多模還是單模的最常見決定因素是距離。如果只有兒英里，首選多模，因為LED發射/接收機比單模需要的雷射便宜得多。如果距離大於5英里，單模光纖最佳。另外一個要考慮的問題是帶寬;如果將來的應用可能包括傳輸大帶寬數據信號，那麼單模將是最佳選擇。

單模光纖只有單一的傳播路徑，一般用於長距離傳輸，

多模光纖有多種傳播路徑，多模光纖的帶寬為50MHz~500MHz/Km，

單模光纖的帶寬為2000MHz/Km，光纖波長有850nm，1310nm和1550nm等。850nm波長區為多模光纖通信方式；1550nm波長區為單模光纖通信方式；1310nm波長區有多模和單模兩種；850nm的衰減較大，但對於2~3MILE（1MILE=1604m）的通信較經濟。光纖尺寸按纖維直徑劃分有50μm緩變型多模光纖、62.5μm緩變增強型多模光纖和8.3μm突變型單模光纖，光纖的包層直徑均為125μm，故有62.5/125μm、50/125μm、9/125μm等不同種類。。

光纜外套標識，50/125, 62.5/125為多模，9/125(g652)為單模

光纖可磨接後用100/200倍放大鏡察看，一個小黑點的是單模，大一點有雙環的是多模。纖芯在熔接機內也能分辯出，在熔接機顯示器看中間是空的是單模，看上去一體的是多模。

簡單的用途區別：多模一般應用在園區內較近的地方之間；

單模傳輸距離較遠，一般應用在電信領域。

單模傳輸與多模傳輸

在光纖通信理論中，光纖有單模、多模之分，區別在於：

1. 單模光纖芯徑小（10m m左右），僅允許一個模式傳輸，色散小，工作在長波長（1310nm和1550nm），與光器件的耦合相對困難

2. 多模光纖芯徑大（62.5m m或50m m），允許上百個模式傳輸，色散大，工作在850nm或1310nm。與光器件的耦合相對容易

而對於光端模塊來講，嚴格的說並沒有單模、多模之分。所謂單模、多模模塊，指的是光端模塊採用的光器件與何種光纖配合能獲得最佳傳輸特性。

一般有以下區別：

1. 單模模塊一般採用LD或光譜線較窄的LED作為光源，耦合部件尺寸與單模光纖配合好，使用單模光纖傳輸時能傳輸較遠距離

2. 多模模塊一般採用價格較低的LED作為光源，耦合部件尺寸與多模光纖配合好

1、光纖分類

光纖按光在其中的傳輸模式可分為單模和多模。多模光纖的纖芯直徑為50或62.5μm，包層外徑125μm，表示為50/125μm或62.5/125μm。單模光纖的纖芯直徑為8.3μm，包層外徑125μm，表示為8.3/125μm。

光纖的工作波長有短波850nm、長波1310nm和1550nm。光纖損耗一般是隨波長增加而減小，850nm的損耗一般為2.5dB/km,1.31μm的損耗一般為0.35dB/km，1.55μm的損耗一般為0.20dB/km，這是光纖的最低損耗，波長1.65μm以上的損耗趨向加大。由於OHˉ（水峰）的吸收作用，900~1300nm和1340nm~1520nm範圍內都有損耗高峰，這兩個範圍未能充分利用。

2、多模光纜

多模光纖(Multi Mode Fiber) － 芯較粗(50或62.5μm)，可傳多種模式的光。但其模間色散較大，這就限制了傳輸數字信號的頻率，而且隨距離的增加會更加嚴重。因此，多模光纖傳輸的距離就比較近，一般只有幾公里。如下表，為多模光纜的帶寬的比較：

提到萬兆多模光纜，需要作些說明，光纖系統在傳輸光信號時，離不開光收發器和光纖。因傳統多模光纖只能支持萬兆傳輸幾十米，為配合萬兆應用而採用的新型光收發器，ISO/IEC 11801制定了新的多模光纖標準等級，即OM3類別，並在2002年9月正式頒布。OM3光纖對LED和雷射兩種帶寬模式都進行了優化，同時需經嚴格的DMD測試認證。採用新標準的光纖布線系統能夠在多模方式下至少支持萬兆傳輸至300米，而在單模方式下能夠達到10公里以上（1550nm更可支持40公里傳輸）。

美國康普公司的多模光纜分為多模OptiSPEED®解決方案（62.5/125μm）和萬兆多模LazrSPEED® 解決方案（雷射優化萬兆50/125μm）。LazrSPEED分成三個系列，即LazrSPEED 150、300、550系列，且LazrSPEED萬兆多模光纜均通過UL DMD認證。具體傳輸指標請看下表：

3、單模光纜

單模光纖(Single Mode Fiber)：中心纖芯很細(芯徑一般為9或10μm)，只能傳一種模式的光。因此，其模間色散很小，適用於遠程通訊，但還存在著材料色散和波導色散，這樣單模光纖對光源的譜寬和穩定性有較高的要求，即譜寬要窄，穩定性要好。

後來發現在1310nm波長處，單模光纖的總色散為零。從光纖的損耗特性來看，1310nm正好是光纖的一個低損耗窗口。這樣，1310nm波長區就成了光纖通信的一個很理想的工作窗口，也是現在實用光纖通信系統的主要工作波段。1310nm常規單模光纖的主要參數是由國際電信聯盟ITU－T在G652建議中確定的，因此這種光纖又稱G652光纖。

上面提到由於OHˉ（水峰）的吸收作用，900~1300nm和1340nm~1520nm範圍內都有損耗高峰，該現象稱為水峰。目前美國康普公司提供的TeraSPEEDTM零水峰單模光纜，正解決了此問題，TeraSPEED 系統通過消除了1400nm 水峰的影響因素, 從而為用戶提供了更廣泛的傳輸帶寬, 用戶可以自由使用從1260nm 到1620nm 的所有波段, 因此傳輸通道從以前的240增加到400，性能比傳統單模光纖多50%的可用帶寬，為將來升級為100G帶寬的CWDM 粗波分復用技術打下了堅實的基礎，TeraSPEED 解決方案為園區/城市級理想的主幹光纖系統。

同時，由於G.652.D 是單模光纖的最新的指標，是所有G.652級別中指標最嚴格的並且完全向下兼容的。如果，僅指明G.652意味著 G.652.A 的性能規範，這一點應特別注意。TeraSPEED 光纖超過所有的指標均滿足 G.652.A, .B, .C和.D 的性能規範，如下表：

而我們對於單模光纜的選型建議如下：

A．從傳輸距離的角度，如果希望今後支持萬兆傳輸，而距離較遠應考慮採用單模光纜。

B．從造價的角度，零水峰光纜提供比單模光纖多50%帶寬，而造價上又相差不多，事實上美國康普公司目前已經不提供普通單模光纖，只提供零水峰光纖這樣的更高性能的產品給用戶。

4、結論：單模還是多模？

綜合以上的分析，我們認為，用戶應從應用的角度、傳輸距離的角度、前瞻性的角度、造價的角度，綜合以上因素，以最低的價格投資最好的性能!