

我國 CM11 勇虎戰車雷射測距儀(LRF)原理與保養之探討

提要

- 一、雷射的快速發展集中在 1950 及 1960 年代，而在 1960 年代第一部雷射發展後十年內幾乎所有的雷射種類與重要理論與技術都已經發展出來，而後的數十年至今，雷射的發展大多在等待週邊電子、材料與光學元件之發展與改進。在雷射的發展過程中，也因為其獨特而無法取代的光學特性，成為了各種科研的重要工具，不論物理、化學、生物、醫學、地球科學、天文等各種基礎科學領域都可見到它的蹤跡，隨著科技工藝的快速進步，雷射已經逐漸從複雜的實驗室科研系統迅速的推進到各種的工業雷射切割、近視或美容的醫療雷射、藍光播放器的娛樂視聽設備及環保、通訊以至軍事的各項應用。
- 二、目前在車型的操作手冊內並無詳述我國 CM11 雷射測距機的使用原理理論及特性故在此提出以供探討。

壹、前言

民國 77 年我國為汰換 M48 車型¹而向美國採購 550 套 M1 的射控系統及新購的 M48 砲塔經由兵整中心的整合而研發出 CM11 勇虎戰車，而該車服役至今已有 23 年的歷史了，當初美國不願意違反 1982 年和中共簽署的 817 公報，又要維持台海的均勢，故出售相關包件協助我國組裝 MBT (Main Battle Tank) 以提升戰力至 M60A3 的水準，也因為在此特殊的歷史背景因素下使該車成為空前的拼裝車種，而該車型和以往不同的是在射控系統方面 CM11 擁有 2 維炮身穩定裝置、M1A1 數位彈道計算機、AN/VVG-5 雷射測距機和 AN/NSG-2 熱影像儀等使得我國主力戰車能大幅改善之前 M48A3 所欠缺的夜戰、第一發高命中率以及行進間射擊能力。而雷射測距機的內部構造及運用原理在本文內也加詳細論述及討論。

貳、本文

一、雷射原理

雷射為 Laser 之音譯，而 Laser

為 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation 之縮寫，其意義為受輻射激發而被放大其光子的數量，亦有人因其受激輻射原理而稱之為「激光」²。

雷射究竟與其他的普通光源有何不同呢？一般而言，自然光及燈光、物體燃燒發出的光均屬於自發輻射 (Spontaneous emission)³ 的光，在 1916 年愛因斯坦證實了光與物質之交互作用可以用三種基本過程來形容，他們分別是受激吸收 (Stimulated absorption)、自發輻射 (Spontaneous emission)、受激輻射 (Stimulated emission)⁴ 三種如圖 1 所示

¹ 杜微，〈Y2K 世界主戰車〉雲皓出版社，頁 161

² 林寶三，〈雷射原理與應用-第二版〉全華圖書股份有限公司，頁 34

³ 孫慶成，〈光電概論〉全華圖書股份有限公司，頁 3-8

⁴ 國立中央大學光電科學與工程學系，〈光電科技概論〉五南圖書出版股份有限公司，頁 181

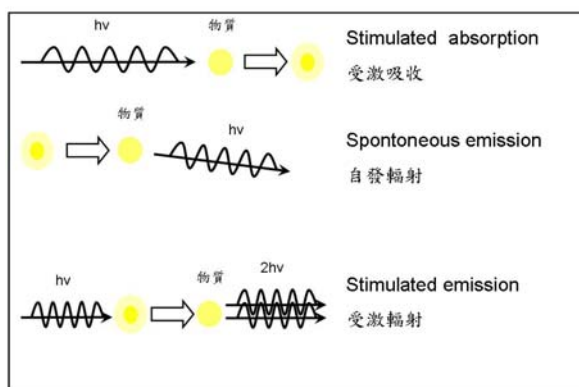


圖 1 光與物質的三種交互作用分別為吸收、自發輻射、及受激輻射
(資料來源：筆者整理)

在說明這三種作用之前先說明一個雷射物理中重要的名詞「能階」⁵(Energy Level)，在自然界中原子分子皆具有能階的存在，而不同之能階皆有其對應之能量，而電子必須位於這些能階才能穩定存在，所以當電子受到刺激或干擾時，其能階會有所轉移而變換至其他的能階則稱為躍遷(transition)所以自然界所有能量的釋放或吸收都可以此來說明能量的變換，舉例來說太陽釋放輻射能給地球上所有的生物，造就了萬物的生生不息，其實太陽本身就是一個自發輻射體，而自發輻射不會受外界環境影響，光源粒子各自獨立、自發性的四處亂竄所以在太陽的輻射裡有所謂的紫外線、紅外線、 α 、 β 、 γ 、X射線等如圖 2，而某些原子在吸收了太陽的能量後將其儲存下來，例如植物的生長，等我們需要熱或光時會將砍伐下來的樹木拿來燒，燒完後又變成一般的原子，所以這樣的物理現象就一直重複的循環下去，那到底如何上述三種輻射現象呢？

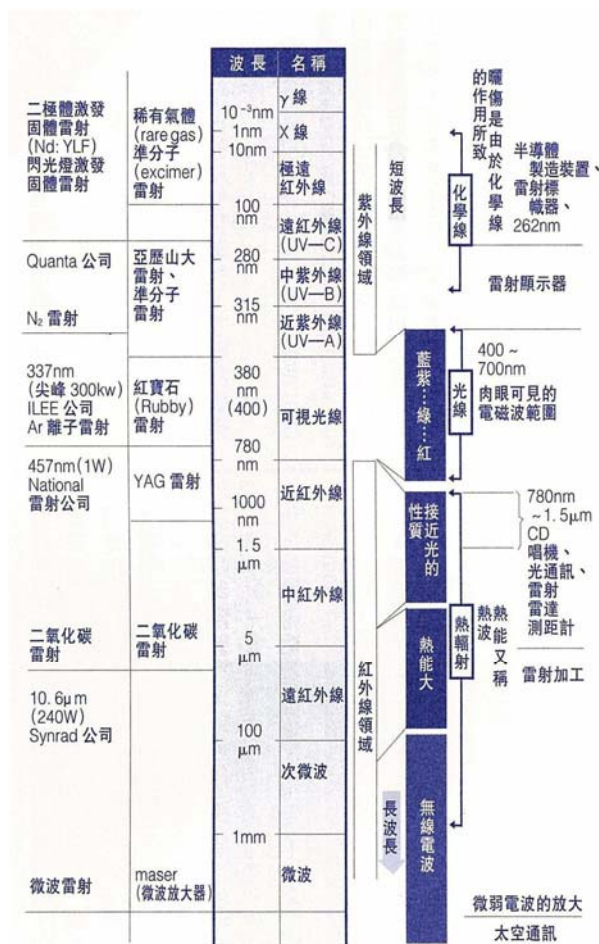


圖 2 雷射光波長範圍和主要的雷射名稱
(資料來源：谷腰欣司，圖解雷射運用與原理，2008 年，世茂出版有限公司，頁 57)

首先第一個吸收，物質被光照射後，部分原子從光取得能量，於是從基態(低能階)躍遷到激發態(高能階)，我們說光被原子吸收而此時高能階的原子數目濃度變高，再來當入射光停止照射時，原子不會永遠滯留在該態，過了一段時間後，他即會自然地躍遷回較穩定的基態，而躍遷所釋放的能量，即由光子以很亂的方向發射，這裏“很亂”的意思是，許多原子的自然發射在空間任何方向的發射機會相等，換句話說，並無法預知其發射方向，普通光源的發射過程即是如此、最後雷射的受激輻射為愛因

⁵林寶三，〈雷射原理與應用-第二版〉全華圖書股份有限公司，頁 26

斯坦(Albert Einstein)⁶所提出之機制，將一光子進入一個系統而變成兩個光子或更多的光子進而達到呈等比級數的放大過程則稱之為自發輻射放大(ASE, Amplified spontaneous emission)，若以這兩個光子又作為誘發光子去刺激該激發態上之其他粒子，就會變成四個一樣的光子，以此類推受激輻射會越來越強，這種狀況稱為光增益或光放大。但在一般尺寸有限的介質中，這種放大作用是有限的，還不足以產生激光輻射供人應用。要實現激光之作用，還必須設法使介質中持續產生光放大，此動作即所謂之「光振盪」。而「光振盪」乃是利用兩個面對面的反射鏡，使放大後的光在兩鏡間來回地被反射，這兩個反射鏡可以是平面也可以是球面，但其中一個為百分之百的全反射鏡，另一個則為部份反射鏡，比如說百分之九十五的反射、百分之五的光可穿透反射鏡供人使用。由於受激輻射之光在兩反射鏡間來回反複地運行，通過介質之光不斷地放大越來越強，當到達某一強度時，部份之光就會從部份反射鏡端射出，而產生所謂之「雷射」供人利用。

二、雷射的特性

雷射本身具有良好方向性、單色性、高亮度和優異之相干性等特點。雷射之所以被廣泛運用，就是因為它具有這些特點，且在某些特點上，目前為止尚找不到第二種光源可與雷射互相媲美。以下就分別針對其特點提出說明：

(一)方向性⁷：以遠處回頭看雷射光之光束其束散角為一錐形，通常束散角越小，方向性就越好，若束散角之角度等於零，就可稱之為「平行光」。一般普通光源如燈光或陽光，其所發出的光射向四面八方，根本談不上方向性，雖然可以將光源置於透鏡或凹面反射鏡的焦點上，而獲得近似「平行光」的光。但因光源有一定大小，且鏡面無法做到絕對準確，因此往往會影響到其方向性。對雷射而言，因其激光器對「光振盪」有方向之限制，沿著激光器諧振腔腔軸方向之受激輻射光，才能被激光器振盪放大，所以其光束具有很好的方向性。在軍事用途上人類可利用雷射方向性良好之特性，來實施精確之距離測量。又如在通信上，束散角越小其在終端之擴散角就越小，保密性及抗干擾性就越好，且因為束散角越小，其光度就越強，通信距離也就越遠，因此可被利用於地球與人造衛星或其他星球間之通信。

(二)單色性⁸：一般光源之波長並非單一之波長，而是有一個範圍(譜線寬度)，比如紅光之波長為760奈米~647奈米，紫光之波長為430奈米~400奈米，大於紅光之波長者稱之為紅外線，小於紫光之波長者稱之為紫外線。如果說束散角是衡量光束方向性好壞之依據，那麼譜線寬度則為光之單色性(純度)好壞之依據。由於雷射具有相當良好之單色性，因此不容易受到外界之干擾，所以可用於雷射通信及導引具有雷射尋標器之飛彈。

⁶孫慶成，〈光電概論〉全華圖書股份有限公司，頁3-6

⁷孫慶成，〈光電概論〉全華圖書股份有限公司，頁3-18

⁸黃順萌，〈雷射之特性及運用〉陸軍裝甲兵學術雙月刊，頁55

(三)亮度高：雷射光之高度之所以比一般普通光源高，主要是因為雷射光束的束散角很小。另外一般之普通光源由於均為自發輻射，射向四面八方，光源又有一定之大小，經透鏡聚焦後只能獲得與原來光源相似的一個光源，光能是分散無法形成一個亮點，光度自然不會很高。且因其光波之波長範圍較大，按光之色散原理，光學材料的折射率，是隨著波長不同而改變的，因此經過透鏡時，不同波長之光其折射點也不一樣，所以無法聚焦在同一點上。但對雷射而言，由於其光束近乎平行光，光之譜線寬度小純度高，經過透鏡聚焦後之亮度會更提高。高能量之雷射經過聚焦後，由於亮度之提高，因此可以產生攝氏幾萬度之高溫度，而造成人員、物質之破壞。

(四)相干性⁹：所謂相干性，是指在不同時間或不同空間，光波的位相和振幅之關聯性，要形成光波相干的條件，是要光波彼此間具有同頻率（波長）、同振動方向及位相差恒定。若兩光束相遇時，能形成比較清晰之圖樣時，則稱為此兩束光是相干的。雷射因具有良好之相干性，因此不僅可以把無線電技術中的調制、變頻和放大技術移植到雷射技術中來。同時，亦可在各種特徵識別、雷射全息照相和圖像處理等廣泛地被運用。

三、雷射的種類

常用的雷射介質有許多種，依照物質特性分為氣態雷射、液態雷射與固態雷射，另外由於半導體雷射、化學反應雷射與自由電子雷射之各種

特性與其他三種大不相同，因此自成一類。

(一)氣態雷射¹⁰：常見的氣態雷射代表為氦氖雷射、二氧化碳雷射、氫離子雷射等氣態雷射多以放電管做電幫浦，因此在電子電路上會有較高電壓的需求，由於氣體需被侷限，因此需要以玻璃管封裝，故一般而言體積較大。

(二)液態雷射¹¹：幾乎是有機染料雷射之同義辭，是以有機燃料溶解於溶劑中作為增益介質，大部分輸出波長在可見光區域，通常具有很大可調輸出波長範圍。然而有些染料或溶劑通常具有毒性，故處理上需特別注意，且在產生雷射的過程中，高熱會使有機材料分解，因此液態雷射需有液體循環系統。由於染料雷射需以其他的光源做光幫浦，因此染料雷射之系統也相對較為複雜。

(三)固態雷射¹²：又可細分為三類，其增益介質分別為晶體、玻璃與陶瓷。晶體類的代表為Nd-YAG、Nd:YVO₄、紅寶石(Ruby)、鈦藍寶石(Ti:Sapphire)等等種類繁多，晶體有良好的晶格，因此熱傳導佳，故作為雷射散熱較為簡便，然而可作雷射晶體的單晶(single crystal)生長不易、尺寸與活躍離子之濃度受限於晶體特性。玻璃材料中摻雜活躍離子則可突破尺寸與活躍離子濃度的限制，甚至可以作為光纖，然而因玻璃缺乏醫治性的晶格結構，因此熱傳導差，散熱困難。近幾年以微晶體燒結成陶瓷

⁹黃順萌，〈雷射之特性及運用〉陸軍裝甲兵學術雙月刊，頁 56

¹⁰國立中央大學光電科學與工程學系，〈光電科技概論〉五南圖書出版股份有限公司，頁 200

¹¹國立中央大學光電科學與工程學系，〈光電科技概論〉五南圖書出版股份有限公司，頁 201

¹²國立中央大學光電科學與工程學系，〈光電科技概論〉五南圖書出版股份有限公司，頁 201

(ceramic)得到重大的進步，可以產生大尺寸與高活躍離子濃度之雷射用陶瓷代表材料為 Nd-YAG ceramic；然而由於微晶體燒結過程中微晶體間會有縫隙，過大的縫隙會造成晶體產生散射而有大量的損耗，無法作為雷射增益介質，因此目前僅有極少數的單位能生產低散射之此類陶瓷，因此難以獲得。

(四)半導體雷射¹³：是以半導體材料作為雷射增益介質，而二極體雷射(diode lasers)則是以二極體結構之半導體作為雷射增益材料並使用注入電流作為電幫浦之半導體雷射，半導體雷射因其較薄所以體積較小。

(五)化學雷射：是靠化學反應後之產物位於高能階而達到居量反轉，早期由美國軍方發展且投入許多心力，希望作為雷射武器。最有名的雷射是化學氧碘雷射此反應產生位於激發態之氧分子，而後將能量經由碰撞傳給碘分子，因此碘分子則達到居量反轉而產生 1.315nm 之雷射。化學雷射可以達到非常高之能量輸出，因此化學反應之效率非常高，且不需要像其他雷射一樣要外界能量輸入，然而化學雷射最大的問題是無法重複使用，一旦反應結束，雷射輸出完，就僅剩下一堆廢料。

四、雷射結構

雷射的基本構成條件¹⁴為外加能量、適當的介質與光學共振腔如圖 3 所示。

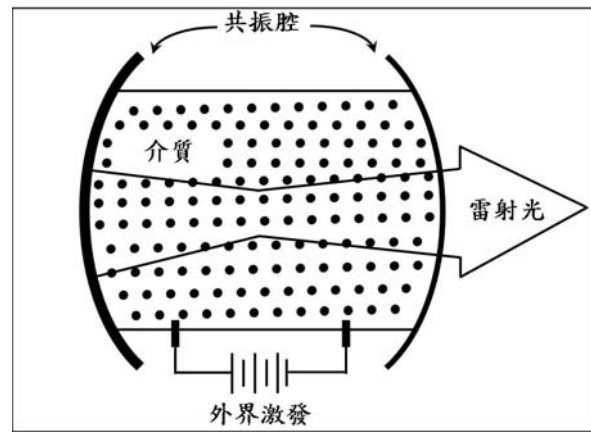


圖 3 雷射的基本構成條件

(資料來源：筆者整理)

(一) 外加能量：其實外加能量又可看成是一種幫浦(pump)的機制，經由外部給介質本身一個能量，之前也說過要造成雷射形成必須在受激輻射的狀況下才能形成，所以必須有大量的能階轉換，所以雷射能量之消耗是非常可觀的，為了達到上述目的所以有光激發、電激發和化學激發等方式。最常見的 He-Ne 雷射即是由電激發的，而世界首支雷射，固態之紅寶石雷射則是利用氙氣閃燈來持續不斷激發。

(二) 增益介質(gain medium)：能產生雷射的介質到目前為止已多不勝舉，但是其基本原則便是具備有能產生數量反轉的能階。這些介質中較常見的有 He-Ne，氫離子，CO₂、Nd-YAG，紅寶石及 III-V 或 II-VI 之半導體。由於介質不同，因此其輻射之波長也各有不同，目前已知從紅外線至 X 射線皆有其特別的波長如表 1 所示。

¹³ 國立中央大學光電科學與工程學系，〈光電科技概論〉五南圖書出版股份有限公司，頁 202

¹⁴ 孫慶成，〈光電概論〉全華圖書股份有限公司，頁 3-8

名稱	型態	波長 (微米)	可達輸出能量 或功率(毫瓦)	輸出形式	效率
N ₂	氣體	0.337 μm	300mW	脈衝	<0.1%
He-Cd	氣體	0.442 μm	40mW	連續	0.1%
Nd-YAG (CM11)	固態	1.062 μm	550mW	脈衝	10 %
紅寶石 (M60A3)	固態	0.694 μm	500mW	脈衝	0.5%
CO ₂ (工業切割)	氣體	10.6 μm	10 ³ W	連續	<15%
GaAs (雷射筆)	半導體	0.7~0.9 μm	40mW	連續	20%
He-Ne	氣體	0.632 μm	80mW	連續	0.1%
染料	液態	0.4~0.9 μm	800mW	脈衝或連續	10~20 %

表 1 各種介質的波長及輸出功率
(資料來源：筆者整理)

(三) 光學共振腔 (optical resonator)：光學共振腔最簡單的結構便是在雷射的兩端各加一反射鏡使雷射光能在共振腔內反覆來回震盪，此裝置基本上是提供雷射光一個光學回授，使之能得到足夠的增益，兩端的反射鏡通常一邊的反射率是 100% 另一邊則略低於 100% 以提供一個輸出的窗口。

在上述雷射的簡單基本結構可知為了達到雷射形成需要增益介質與共振腔及幫浦等三大部分¹⁵，我們以綠光雷射筆為例，如圖 4、5

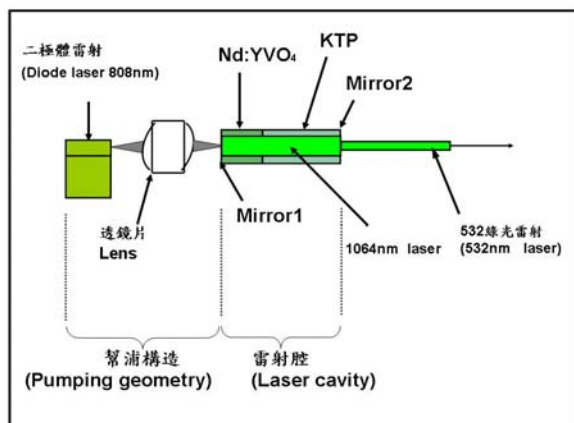


圖 4 綠光雷射筆基本架構圖
包含增益介質 Nd:YVO₄、共振 Mirror1、2 與幫浦機制 808nm 二極體雷射及其他元件,在此 KTP 為非線性晶體
(資料來源：筆者整理)



圖 5 綠光雷射筆
(資料來源：筆者整理)

五、雷射測距儀(LRF)操作原理

目前裝在 CM11 的雷射測距儀為 Nd-YAG 雷射，Nd-YAG 雷射 (Nd 代表釹離子、Y 代表鉕、A 代表鋁、G 代表石榴石) 其波長為 1.06 微米，屬於紅外線雷射，具有體積小、重量輕、測距遠等特色，且因石榴石晶體之導熱率較高，可作連續性之發射使用，所以成為目前為止運用最廣泛之雷射測距機，而雷射測距儀的內容總成是由雷射發射器、雷射接收器、距離計算機和電源供應器所組成。

(一)雷射發射器操作原理¹⁶：在前面有提過雷射形成的構成要件有三個部份而用在雷射測距儀上的雷射發射器有四個基本元件，包括活性介質、幫浦機構、共振腔和一個輸出耦合器。如圖 6。

¹⁵ 國立中央大學光電科學與工程學系，〈光電科技概論〉五南圖書出版股份有限公司，頁 186

¹⁶ TM9-1240-LRF-34，頁 11

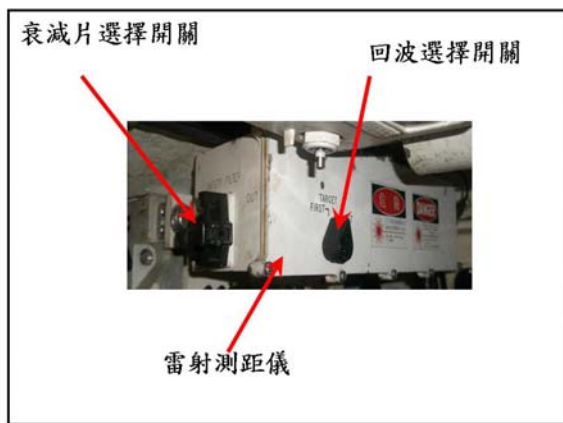


圖 6 雷射測距儀 LRF

(資料來源：筆者整理)

1. 活性介質：活性介質是由一種 YAG(鈮鋁榴石)之特別材料所製成類似玻璃棒的雷射原件並在裡面摻雜了少量的鉍離子而產生了波長 $1.06\mu\text{m}$ 的同調光。
2. 幫浦機構：包含一個氬閃光燈和周圍的反射器。
3. 共振腔：包含在 YAG 棒的兩端鏡片，來回反射在 YAG 棒內之能量。
4. 輸出耦合器：包含一個輸出反射鏡和光束發散器。

橢圓形的結構形成了一個高反射的光學共振腔而且維持 YAG 棒和氬閃光燈互相平行。閃光燈的能量是雷射裡面的「激發」元件。在內在表面擁有高反射能力的反射器組，以確保能夠將閃光燈所發射出的最大能量來激發 YAG 棒。閃光燈閃光後同時也產生了大量的熱。這些熱量必須被共振腔很快的散發，否則雷射本身會過熱。這整個反射器組裡面還包含了一個圍繞在橢圓形共振腔外的液態防凍形式的冷卻器，以幫助閃光燈及雷射棒(YAG)很快的移除熱量。冷卻器室內有一延伸之伸縮囊，用以補償溫度之改變。閃光燈需要一個大約 950 伏特直流的高壓電高電流電源，而它則來自擁有大電容的脈衝形

成網路(PFN)。當雷射光發射時，一個幾近 15000 伏特的觸發脈衝加諸在閃光燈上，致使在氬閃光燈內的氣體能夠離子化。

當在 PFN 內的大電容放電流經由離子化的氬氣體放電時，會產生一道突然衝出的強烈白光，這些由閃光燈所產生的非同調光經由雷射腔的橢圓形反射面聚焦在 YAG 棒上，這些現象致使在 YAG 棒原子內的電子改變他們的能階進而產生共振的現象，雷射利用一個光閘門，叫做 Q-開關，負責收集低能階的雷射光能量。這個開關包含一個染料物質讓雷射光不能穿透直到雷射光能量達到一個特定的水平叫做雷射發生臨界值。在這一點上，Q-開關瞬間「打開」，變成透明的物質，而使雷射光能傳送，當閃光燈開始發光時，雷射棒(YAG)慢慢的開始放出雷射光，從雷射棒產生的同調光強度逐漸增強直到 Q-開關打開。Q-開關防止雷射光到達傳輸鏡反射已經穿過 Q-開關的雷射光回到雷射棒的另一終端，當 Q-開關打開到關閉的這段時間發生的非常快速，幾乎達到 6ns 之速度。

雷射棒相反的一端包含一個輸出鏡，它是一個部份反射的反射鏡，大約反射 30% 的輸出光回到雷射棒內，並且允許大約 70% 的雷射光發射到目標。傳輸反射鏡的位置相當敏感，經由精確的調整傳輸鏡的位置在製造雷射時即被調整到最大的輸出功率和尖峰共振值，一個光束擴散器被用來放大或擴大雷射光的光束外形，使得雷射光離開雷射腔時的發散角大約是 6 微弧度，在經過雷射腔的光束擴散器後，發散角度降到 2.5 微弧度，雷射光束擴散器包含三個鏡

片元件。兩個最外面的反射鏡擴大和幫助雷射輸出光盡量平行，最裡面的反射鏡是一個安全濾光鏡，僅允許 1.06 微米(μm)波長的雷射光輸出而把閃光燈所產生的強烈白光擋住。假如沒有這個濾光鏡片，白色非同調光會混在雷射光內，而且很可能被目標區的敵人所看見。除此之外，光束擴散器為在雷射測距儀內；TTS 利用第二個擴散器叫做五倍擴散器位於 TTS 鏡頭總成上。發散角為 2.5 微弧度的雷射光束在經過五倍擴散器之後發散角被降到 0.5 微弧度，五倍擴散器的工作同時也是使校準雷射光束平行輸出，雷射光束被送到鏡頭之反射鏡上，將光束反射指向目標。雷射光經由很清楚的鏡頭總成內的白天視窗發射出去。傳送出去的雷射脈衝打到目標之後反射回鏡頭總成反射鏡，收到的光脈衝經過相同的路徑，就像經由 TTS 鏡頭總成發射雷射光一樣，僅方向相反而已，在接收的模式下，在鏡頭總成的五倍擴散器將反向的接收光聚焦到雷射測距儀。同時在雷射測距儀內的光束擴散器，跟前者一樣聚焦接收到的雷射光。

(二)雷射接收器工作原理：雷射接收器偵測到反射回來的脈衝光，用來控制數位距離計數器或者距離計算電路。這樣的計算被數位邏輯等效的轉換成為以公尺為單位的精確的距離表示。當雷射光發射之後，一些從雷射光回授回來的能量經由發射器光學鏡片直接回到雷射接收器，發射出去的光脈衝被接收器偵測到叫做「開始脈衝」，距離計數器開始動作，在雷射測距儀內的距離計數器是一種精確的高速計算電路；而它的速度被

晶體時序所控制著，當計數器計算超過 300，計數器將會被拴鎖進入到鄰接之數位電路，當這第一個目標信號返回或者停止脈衝被偵測到，這段時間會被轉換為等距離的數據，然而計數器將繼續計算，假如第二個返回或下一個返回脈衝被偵測到，計數器將會鎖住它們直到達到計數器的最大值 7990，當計數器接收到一個返回光脈衝，距離計數器量測從雷射光發射至接收到目標反射回來的光脈衝時間間隔。當計數器達到 7990，由雷射本身通知 CEU(彈道計算機)，此距離資料出現，於是產生距離準備之訊號以及彈道計算機將讀取十一條之資料線，雷射測距儀最大距離是 7990 公尺，這是計數器被設計成能計算的最大值，在彈道計算機的軟體程式被設計成若超出 3990 以上的距離，彈道計算機內並不予以計算，假如偵測到的距離在 3990 至 7990 公尺之間，在射手的熱源成像儀上顯示的數字會閃爍，假如距離超過 7990 公尺或者沒有偵測到返回的脈衝光，會顯示出閃動的「0.0.0.0」數字，距離計數器不能接受停止之脈衝，直到計算出高於 300 公尺之距離時始能停止。接收器有兩種操作模式，分別是第一脈衝和最後脈衝模式，這些模式可供射手使用「FIRST/LAST」開關來選擇，它位於雷射單位(LRU)的背面，假如操作者選用第一(FIRST)脈衝模式，這些第一目標停止脈衝的數據會被鎖定在輸出之資料線上，假如選用最後(LAST)脈衝模式，雷射接收器將會忽視所有返回之訊號，僅僅保持最後一個接收訊號。

六、雷射測距儀(LRF)保養要領

雷射測距儀基本上是屬於熱源成像儀(TTS)之一部也是主要直接射控系統之一部，所以保養依據技術手冊 TM9-2350-48H-20-2 裡的操作程序並配合其他鏡頭總成來實施保養，所以依據下列程序來實施：

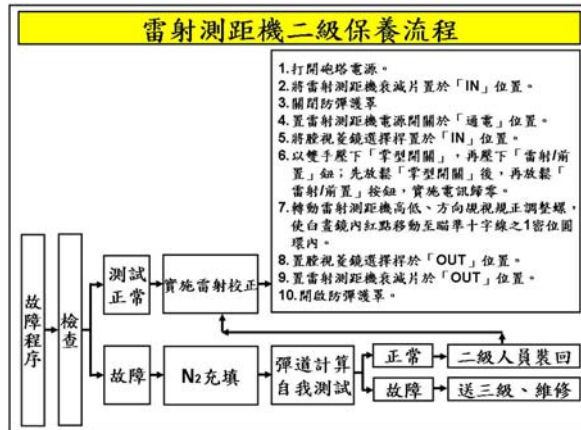


表 2 雷射測距機二級保養流程
(資料來源：筆者整理)

LRF 二級保養拆卸程序

(一)拆卸¹⁷

1. 主電源開關至於“關”(OFF)位置。
2. 將雷射電源開關置於“關”(OFF)位置。
3. 將射控電源開關置於“關”(OFF)位置。
4. 將 LRF 上 J1 接頭上之電纜 3W1P4 接頭拆下。



圖 7 拆下 J1 接頭上之電纜 3W1P4
(資料來源：筆者整理)

5. 支撐 LRF 並將鏡頭總成上固定 LRF 之左右繫留螺釘旋鬆。



圖 8 旋鬆繫留螺釘
(資料來源：筆者整理)

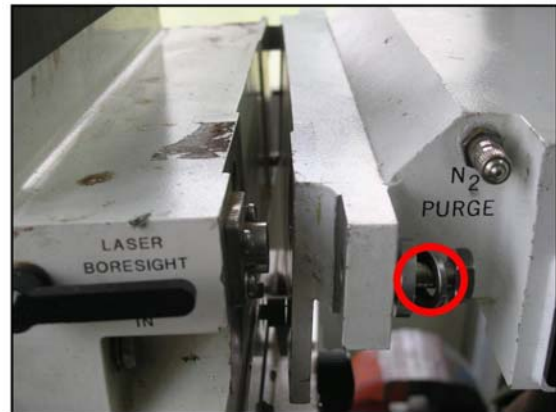


圖 9 取下定型封墊
(資料來源：筆者整理)

6. 自鏡頭總成上拆下 LRF，注意鏡頭總成上導銷勿受損彎曲。
7. 自鏡頭總成上取下 LRF 定型封墊。

(二)安裝

1. 將主電源開關至於“關”(OFF)位置。
2. 將雷射電源開關置於“關”(OFF)位置。
3. 將射控電源開關置於“關”(OFF)位置。
4. 將新定型封墊裝於 LRF 上。
5. 將 LRF 置於鏡頭總成上，並對準銷子，並移動 LRF 與鏡頭總

¹⁷ TM9-2350-48H-20-2，頁 455

成安裝面接觸。

6. 將正左右繫留螺釘並上緊至 16~20 呎-磅(22~27 牛頓-米)。
7. 將電纜 3W1P4 接頭裝至 LRF 上 J1 接頭。

(三)測試¹⁸

1. 實施LRF校正¹⁹及發射程序：
(※實施雷射校正前須完成規視規正程序)
 - (1) 將戰車熱像瞄準具白晝光鏡應確實選擇透明(CLEAR)濾光鏡。
 - (2) 確實將穩定系統接合/關閉(STAB/LIZED ENGAGE/OFF)開關調定在關閉(OFF)位置
 - (3) 關閉防彈護罩。
 - (4) 將雷射電源(LASER POWER)鍵扳至通電(ON)位置。
 - (5) 將雷射膛視菱鏡選擇桿(LASER BORESIGHT)扳至 IN 位置，此時白晝鏡內可看到一雷射紅點。
 - (6) 壓下及持住掌型開關。
 - (7) 壓下及持住雷射/前置量(LASE/LEAD)按鈕實施『電訊規零』此時雷射紅點應與白晝鏡十字線中心位在同一點上。
 - (8) 放鬆掌型開關，並確認雷射紅點持續在白晝鏡十字中心上，放雷射/前置量(LASE/LEAD)按鈕若。
 - (9) 打開計算機控制面板，將計算機控制面板開關扳至通電位置(ON)。
 - (10) 壓下保養諸元鍵(MAINT DATA)鍵；利用數字鍵輸入測試

代碼 42 進入雷射檢查模式。

- (11) 驗證計算機控制面板顯示窗之讀數。
 - (a) 若讀數為 0.0 ± 0.009 ，進行步驟(12)
 - (b) 若讀數非 0.0 ± 0.009 ，通報上級保養人員。
- (12) 數字鍵輸入測試代碼 90 離開雷射檢查模式。
- (13) 將計算機控制面板開關扳至關斷位置(OFF)。
- (14) 轉動雷射測距儀高低及方向規視規正調整螺，使白晝鏡內雷射紅點移動至瞄準十字線中心一密位環內。
- (15) 將雷射膛視菱鏡選擇桿扳至 OUT 位置。
- (16) 將雷射電源鍵轉至斷電(OFF)位置。
- (17) 開啟防彈護罩。
2. 實施計算機自我測試：²⁰
 - (1) 將砲塔電源(TURRET POWER)開關至通電位置。
 - (2) 確定壓力表顯示每平方吋 1750 ± 100 磅以確保正常操作。
 - (3) 打開射擊控制盒開關至通電位置(ON)。
 - (4) 打開穩定系統動力開關至於動力(POWER)位置。
 - (5) 打開穩定系統操作開關至於接合位置(ENGAGE)位置。
 - (6) 使用高低/方向漂移調整螺停止主砲晃動。
 - (7) 將計算機控制面板電源開關至通電位置(ON)，檢查電源指示燈亮起。
 - (8) 握緊並持住射手/車長手柄之掌型開關。(實施自測過程中不得

¹⁸ TM9-2350-48H-20-2，頁 456

¹⁹ TM9-2350-48H-10，頁 217

²⁰ TM9-2350-48H-10，頁 228

放鬆掌型開關)

- (9)按下測試按鈕(TEST)，除數字鍵、清除鍵(CLEAR)及輸入鍵(ENTER)外，其餘均亮起。
- (10)放鬆測試鍵後，射控系統開始實施測試。
- (11)如果測試燈量且按鍵閃爍，測試將會停止並顯示故障代碼，如欲繼續測試，請先按閃爍鍵，再按輸入鍵。
- (12)全部測試完後，將顯示「PASS(正常)」或「FAIL(故障)」字幕 10 秒鐘。
- (13)測試過程中顯示幕出現代碼 2、3、4、8 則壓放閃爍鍵，該燈將亮起並保持之，壓放輸入鍵，失效系統代碼消除，可繼續未完成之測試；完成自我測試後，故障(FAIL)²¹系統代碼出現於顯示幕 10 秒鐘，紀錄故障代碼後繼續執行步驟 15
- (14)測試過程中顯示幕出現代碼 1、5、6、7 則釋放掌型開關並紀錄故障代碼後繼續執行步驟 15。
- (15)若失效代碼顯示 1、2、3、4、5、7 或 8 則執行故障檢修；若顯示 6 則通知二級保修人員實施檢修。

彈道計算機故障代碼			
1	彈道計算機	5	輸出裝置
2	傾角感測器	6	十字線投影器
3	橫風感測器	7	電子介面儀
4	角速度儀	8	雷射測距機

表 3 彈道計算機故障代碼

(資料來源：筆者整理)

(四)維護²²

對 LRF 予以 8psi(55.2kpa)連續 5 分鐘充壓。

- 1.拆下進氣孔蓋及連結軟管總成到進氣孔上。(圖 10、圖 11)



圖 10 拆下進氣孔蓋

(資料來源：筆者整理)



圖 11 連結氣氣軟管

(資料來源：筆者整理)

- 2.清除測距儀的氣體，順時鐘方向轉動壓力調節活門，直到低壓力錶指示在 8psig 保持此壓力 5 分鐘。(圖 12)

²¹ TM9-2350-48H-10，頁 230

²² TM750-116，頁 71



圖 12 低壓力錶指示在 8psig

(資料來源：筆者整理)

3. 確定氮氣能夠自釋放活門流出，假如不能實施清除作業，視需要修理之。
4. 逆時鐘方向轉動壓力調節活門到達關閉的位置、觀察低壓力錶及確定釋放活門關閉時指示在 5psig。
5. 使用肥皂溶液在所有密封結合部及螺絲。
6. 以目視觀察低壓力錶及測距儀漏氣的狀況最少 5 分鐘，假如有壓力下降和氣泡出現的現象，參考相關手冊中的保養作業程序。
7. 拆下軟管總成，並裝定進氣孔蓋。

七、部隊常見雷射測距機使用缺失

雷射測距儀是射控系統(FCS)的一部份，係提供主砲與同軸機槍之彈道解，雷射測距機裝於鏡頭總成，並利用鏡頭光學鏡片傳遞和接收雷射波，而反射回來的訊號經過處理顯示於車長和射手顯示鏡頭上，而距離資料經由電纜傳遞至計算機電子擔元計算正確彈道，也因為雷射測距機在使用上需與其它射控裝置互相配合，故在部隊輔訪時，常會聽到因操作程序的不正確而讓雷射測距機測距功能無法發揮，透過所見缺失來實

施討論及使用方式的建立，以求達到部隊能落實雷射測距儀正確使用方式，不過在實施下列程序後確定不為一級人員操作問題必須送請三級實施檢修，切勿不正當的保養與拆卸。
問題一：²³

雷射測距機無法顯示距離於車長及射手熱像鏡鏡頭下方。

處置方式：

1. 確定熱源成像儀於開(ON)位置。
2. 檢查雷射開關(鑰匙)是否置於開(ON)位置。
3. 檢查射擊控制盒是否置於開(ON)位置。
 - (1)此時因該出現距離，則繼續實施雷射校正。
 - (2)如無顯示距離，則送三級實施檢修。

問題二：²⁴

計算機控制面板顯示窗出現第 8 號故障(雷射測距儀失效)。

處置方式：

1. 重新將雷射電源置於開(ON)位置。
2. 將砲塔電源(LURRET POWER)開關置於關(OFF)位置再回到開(ON)位置。
3. 將雷射距離開關置於首回波或末回波。
4. 實施計算機自我測試。
 - (1)如顯示窗出現通過(PASS)字樣，繼續原操作程序。
 - (2)如顯示窗一樣出現第 8 號故障，則送三級實施檢修，如表 4。

²³ TM9-2350-48H-10，頁 365

²⁴ TM9-2350-48H-10，頁 364

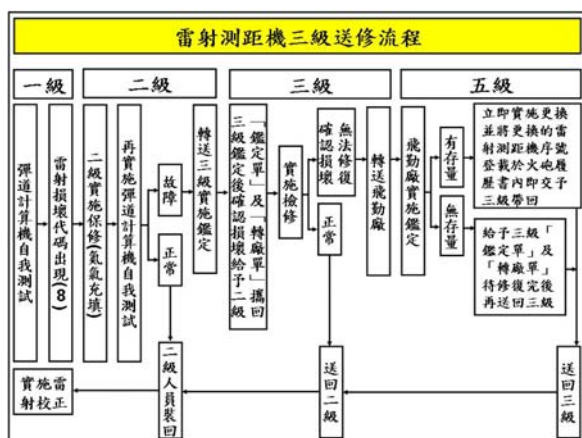


表 4 雷射測距機三級送修流程

(資料來源：筆者整理)

問題三：

按下彈道計算機距離鍵(RANGE)
後顯示窗距離無法更改並閃爍。

處置方式：

- 1.檢查雷射測距機選擇開關是否置於自動(AUTO)位置。
- 2.實施雷射校正並實施測距。
- 3.如持續顯示則送請三級檢修。

問題四：²⁵

按下彈道計算機距離鍵(RANGE)
後顯示窗顯示 8888 並閃爍。

處置方式：

- 1.顯示窗如持續顯示 8888 並閃爍時可能有以下狀況：
 - (1)所有回波距離低於 300 公尺。
 - (2)目標距離在 8000 公尺以上。
 - (3)功率衰減無足夠能量，將回波傳送至接收器，以解析距離。
- 如出現(1)、(2)則重新選定目標實施測距；如出現(3)的現象，則確定衰減片是否置於 OUT 位置，檢查雷射輸出功率是否足夠。

問題五：²⁶

實施雷射測距後判定顯示距離不正確。

處置方式：

- 1.實施重新雷射校正。
- 2.關閉防彈護罩。
- 3.將雷射電源開關置於開(ON)位置並將射擊控制盒至於開(ON)位置。
- 4.將雷射膛視菱鏡選擇桿置於規正(IN)位置，此時白晝鏡會出現紅點。
- 5.壓下掌型開關實施電訊規零，利用雷射測距儀高低及左右調整螺移動雷射紅點，以對正白晝鏡十字線中心圓環實施規正。(移動過程以 G 型方式實施)
- 6.放掌型確定刻線未移動。
- 7.關閉雷射電源開關置於關(OFF)。
- 8.打開防彈護罩，完成雷射校正。

當雷射光擊中一個以上目標²⁷時，將會接收甚多反射，多數反射條會在戰車車長及射手熱像瞄準具顯示器內出現，此時可選擇首回波或未回波以選擇所要的距離，當雷射測距儀及目標間出現濃霧、塵土、雨或煙時均會照成假反射情形，而造成測距功能失準，進而讓社首以為測距機故障，故在訓練測距功能上，必須教育射手在遇到上述狀況時必須選擇末回波來實施測距或利用彈道計算機內戰鬥瞄準功能來實施射擊程序，在多數戰鬥狀況下，視界中的雷射光束由目標阻擋，最後反射的距離通常因為目標較雷射光束大所以反射回來的數據有百分之 90 的正確機率，所以固需選擇末回波為主要選擇測距距離。

參、結論

雷射測距機的使用到目前

²⁵ CM11/12 戰車操作手冊(上冊)，頁 1-245

²⁶ TM9-2350-48H-10，頁 218

²⁷ TM9-2350-48H-10，頁 253

為止已有許多年了，但是因為雷射測距機有「護眼安全雷射」與「非護眼雷射」之區分如圖 13，

等 級	危險度	標 準
1	本質上安全	不需特別的安全措施 即使眼睛連眨都不眨地連續看光源一百秒，對視網膜也沒有損害。透過封裝(packaging)，抑制光的外洩，雷射印表機或 CD 即屬此類。不論在何種條件下都不超過 MPE。使用望遠鏡之類的輔助光學系統觀看也很安全。 (與雷射口徑無關，用 He-Ne 時才 10μW 左右)
2	安全	針對可見光規定的等級 針對 0.25 秒的瞬間曝光，仍能確保視網膜不受損。使用望遠鏡之類的輔助光學系統也很安全。雷射指示器等即屬此類。 (與雷射口徑無關，He-Ne 雷射在 1mW 以下，單脈衝(脈衝寬度 10 ⁻⁷ 秒)在 3W 以下的可見光雷射。)
3A	稍微危險	使用光學系統進行光束內觀察很危險 針對可見光，輸出是等級 2 的 5 倍。然而，為了定出不使用輔助光學系統直接觀看的定安全性，每單位面積的功率，必須與等級 2 的程度相同(口徑為 7mm 的雷射為 1mW)。 (CW 在 5mW 以下，短脈衝 10W 以下的可見光雷射)
3B	相當危險	直接觀察光束內部是危險的 擴散反射光的最小觀察距離為 13cm 以上，最大觀察時間只要在 10 秒以內就安全。 (在 CW 之下為 0.5W 以下的可見光雷射)
4	非常危險	等級 3 以上的高輸出雷射 連擴散後的反射光都很危險。有燒傷皮膚、引發火災的危險。許多實驗用、工業用雷射是屬於此類。 (超過 0.5W 的可見光雷射)

註：雷射製造業者，務必要在等級 2 以上的產品上，張貼說明警告標籤才行。

圖 13 雷射產品的輻射安全標準表

(資料來源：谷腰欣司，圖解雷射運用與原理，2008 年，世茂出版有限公司，頁 69)

主要區別在波長的差異，波長 1.5μm 以上之雷射，不會使水晶體聚焦於視網膜神經，而使眼部受到傷害，屬於「護眼安全雷射」²⁸。波長 0.6943μm 之雷射，則會對眼底的視網膜及脈絡膜產生傷害；波長 1.062μm 之雷射則會對眼底的視網膜、脈絡膜及晶狀體產生傷害，而我國 CM11 上的 LRF 測距機是屬於「非護眼雷射」所以在使用上因該更加注意而「非護眼雷射」測距機所發射之雷射光束極為危險，無論直接或經由物體折射至眼部，均可能造成視力永久

²⁸谷腰欣司，圖解雷射運用與原理，2008 年，世茂出版有限公司，頁 69

或暫時性之失明。因此，僅可於核定之雷射測距靶場實施雷射測距，操作中嚴禁對玻璃、窗戶及鏡子等類似物體發射雷射，以免造成危安事件，為預防雷射傷害，測距時車外人員應配戴雷射護目鏡，車內各光學瞄準鏡應加裝雷射濾光鏡片，以防止雷射折射進入車內。

各種雷射對眼睛所傷害之部位不同，若不慎遭雷射誤擊眼睛，須將雷射之種類告知醫護人員，以作為緊急醫療處理之參考。

。在學校教學上會利用「縮距離靶場」來進行使用外，其他各部隊在使用上都會顧慮到雷射是否會傷人而讓使用上有所顧忌，但其實雷射只要使用得宜再加上風險管理的落實，那其實雷射是安全的，畢竟平常的訓練是未來作戰戰力的實踐，所以更該加以練習，由於雷射具有許多優異性能因此造就了許多生活上的便利如圖 14

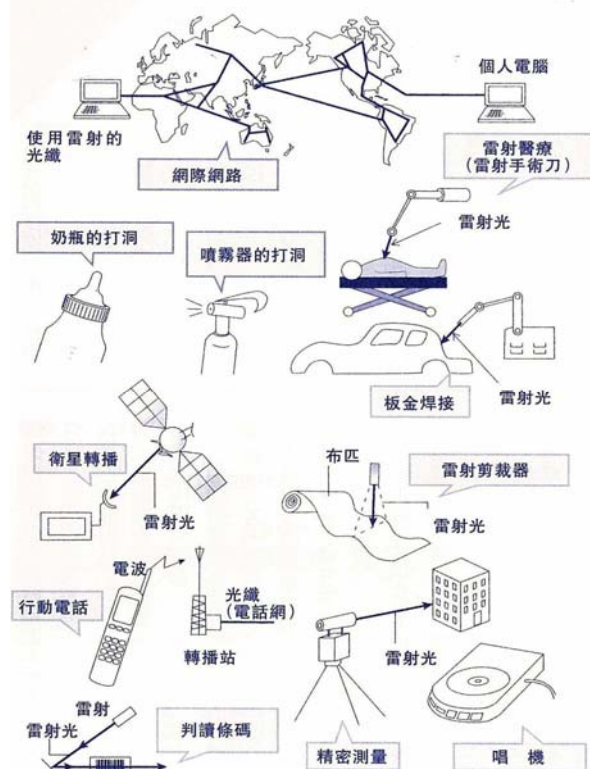


圖 14 雷射在生活上的應用

(資料來源：谷腰欣司，圖解雷射運用與原理，2008 年，世茂出版有限公司，頁 89)

但並不是每一項雷射製品，對其各項性能均需要求到極致，而是依其應用目的不同，對各項特點之要求程度就有所不同。例如：雷射全息照相主要要求就是良好之單色性和相干性。雷射通信要求的是良好之方向性、單色性和相干性。雷射激光武器、或雷射誘導武器如圖 15、16、17。



圖 15 雷射導引炸彈
(資料來源：筆者整理)



圖 16 雷射導引
(資料來源：筆者整理)

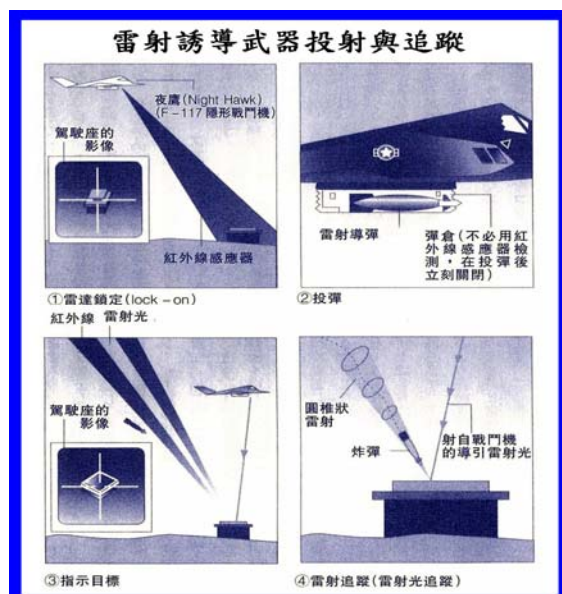


圖 17 雷射誘導武器
(資料來源：筆者整理)

而雷射測距機要求的是方向性和高亮度。雷射問世後，引起各方之高度重視，各國無不大量的投入人力、物力，競相發展新的雷射產品。因此，雷射不僅促進了武器裝備的改革，更帶給我們無限之助益，影響之深、波及之廣，尚無幾項產品可及。因此，為了因應未來戰爭型態之發展，雷射將被廣泛地運用，我們更需要對雷射之特性、運用及雷射之防護有進一步之了解。將來，方可有效地將雷射之特性運用於戰場上，同時亦可減少因敵人使用雷射，對我人員裝備所造成之損傷。

附錄

1.雷射測距儀(LRF)

LASER RANGEFINDER

釋意：透過雷射介質向目標發射雷射光，利用初期脈衝與反射光束回波之時間而計算距離。

2.主力戰車(MBT)

Main Battle Tank

釋意：以直接攻擊為主，利用本身具備之強大火力、較佳裝甲防護與機動力，執行與敵戰車對決，摧毀敵戰鬥車輛或堅固陣地等作戰任務。

3.雷射(LASER)

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

釋意：其意義為受輻射激發而被放大其光子的數量，亦有人因其受激輻射原理而稱之為「激光」。

4.自發輻射

Spontaneous emission

釋意：物質內各原子處在不同能階上，當原子由高能階變換到

低能階時，由於能階的變化就會釋出能量，物質內原子以電磁波方式釋出能量稱為輻射。這種以電磁波釋出能量的輻射形式有兩種，一種是主動的，一種是被動的，主動的方式就稱為自發輻射。

5. 受激吸收

Stimulated absorption

釋意：物質內，原子不但會由高能階釋放能量至低能階，亦可以自外接吸收能量由低能階躍遷至高能階，這種現象稱為受激吸收。

6. 受激輻射

Stimulated emission

釋意：處於高能階的原子，經由外界能量擾動刺激，被動的以電磁波方式釋出能量，即為受激輻射。

7. 能階

Energy Level

釋意：雷射的原理需運用量子物理解釋，在量子物理的範疇內，原子的能量分佈不是連續而是像樓梯一般一階一階分部的，把這樣一階一階能量分佈的概念稱為能階。

8. 躍遷

Transition

釋意：躍遷為原子在物質內能階變化的統稱，可以由低能階吸收能量至高能階，亦可以自高能階釋放能量至低能階。

9. 自發輻射放大

Amplified Spontaneous Emission

釋意：自發輻射的概念在上文已經解釋，自發輻射牽涉的是雙能階系統，能量只在高能階

與低能階間相互交換，並不能有任何輻射被放大的現象，此系統也不需任何外界能量補充得以運作。而自發輻射放大現象則牽涉到三個能階以上的系統，以一個三能階系統為例，三能階系統由低能階，中能階，高能階三個能階組成，而此系統的能量交換只能被限制在由高能階至中能階有能量釋放，而中能階至低能階不允許能量釋放，而所有能量的吸收則被允許，此時，由高能階至中能階的能量釋放之輻射相對的就有放大的現象，此稱自發輻射放大，此系統必須持續有外界能量補充得以運作。

10. 單晶

Single crystal

釋意：指凝固過程經嚴謹控制，使原子的聚集僅從一處成長，所形成僅有一個晶粒，未具有晶界缺陷的結晶材料。

11. 陶瓷

Ceramic

釋意：泛指需高溫處理或緻密化的非金屬無機材料，包括矽酸鹽、氧化物、氮化物、硫化物及硼化物等。

12. 二極體雷射

Diode lasers

釋意：以半導體材料作為增益介質的雷射即稱為二極體雷射。

13. 增益介質

Gain medium

釋意：原子在物質內不同能階中做能量的釋放產生雷射光，這

樣的物質就稱增益介質。

14.光學共振腔

Optical resonator

釋意：光學共振腔好比一音響的放大器，用途將雷射的能量在腔內放大。

15.幫浦構造

Pumping geometry

釋意：雷射系統運作需有能量不斷由外界補充，將原子激發至高能階，好比抽水機不斷將水自一樓抽至高層樓，此為幫浦構造。

16. Nd:YAG 雷射

Nd 代表釹離子、Y 代表釷、A 代表鋁、G 代表石榴石

17.射控系統(FCS)

Fire Control System

18.奈秒 ns

Nano second

1 奈秒= 10^{-9} 秒

19.毫瓦 mW

milliWatt

1 瓦=1000 毫瓦

20.奈米 nm

Nano meter

1 奈米= 10^{-9} 米

21.微米 μ m

Micro meter

1 微米= 10^{-6} 米

22.脈衝

Pulse

釋意：雷射光輸出有一週期性的間隔。

23.連續

Continuous wave

釋意：雷射光輸出連續不間斷。

-漫談無線射頻身分辨別系統(RFID)之運用，第 59 頁至第 65 頁

2、裝甲兵學術雙月刊第 195 期

-雷射之特性及應用，第 53 至 58 頁。

3、Y2K 世界主戰車- 杜微 著。

4、光電概論- 孫慶成 著。

5、光電科技概論- 國立中央大學光電科學與工程學系 著。

6、雷射原理與應用- 林三寶 著。

7、CM11/12 戰車操作手冊(上冊)

8、TM9-2350-48H-10

9、TM9-2350-48H-20-2

10、TM9-1240-LRF-34 技術手冊。

11、TM750-116 技術手冊。

12、谷腰欣司，圖解雷射運用與原理，2008 年，世茂出版有限公司。

作者簡介

姓名：余黨民

級職：上尉教官

學歷：陸軍官校 ROTC 七期、裝校正規班 124 期

經歷：排長、副連長、副隊長、教官

參考資料

1、裝甲兵學術雙月刊第 176 期