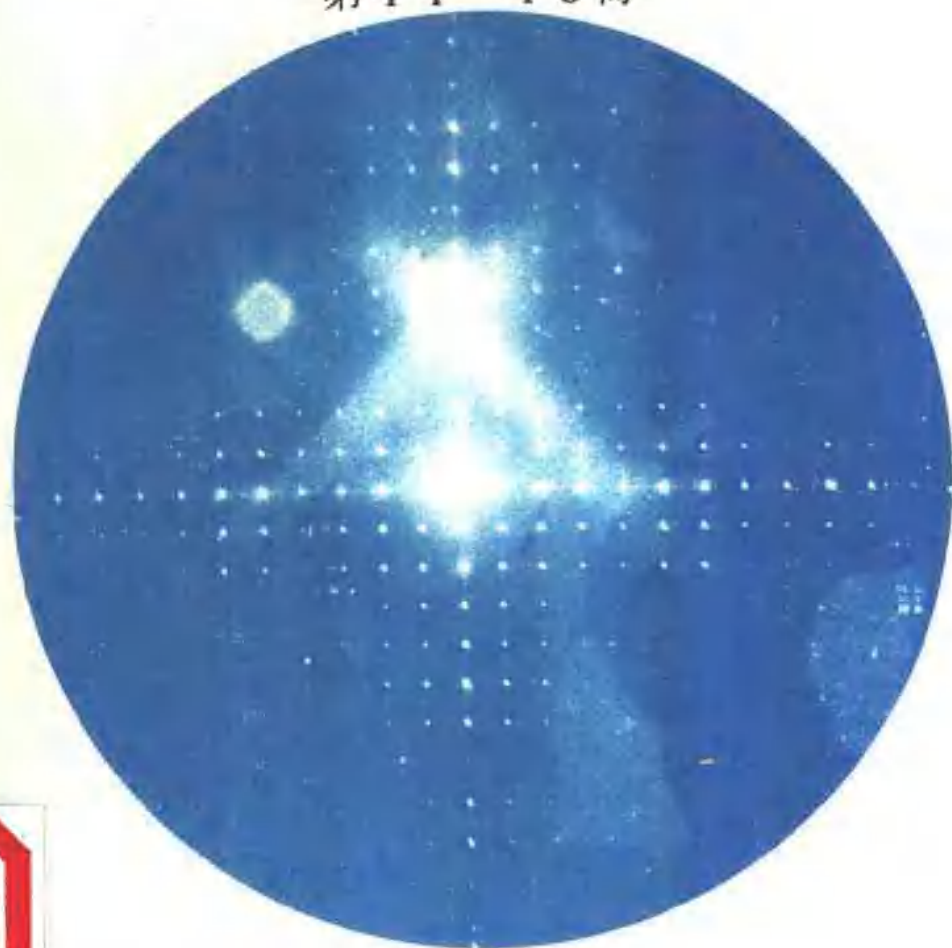


原子能文庫

主編 鄭振華

第44—46冊



徐氏基金會出版

原子能文庫

主編 鄭 振 華

第 4 4 — 4 6 冊

徐氏基金會出版

內政部登記證內版台業字第1347號

中華民國五十九年三月十日初版

原 子 能 文 庫

44-46

版 權 所 有

不 准 翻 印

出 版 者 徐 氏 基 金 會 出 版 部

台 北 郵 政 信 箱 3 2 6 1 號

香 港 郵 政 信 箱 1 2 8 4 號

發 行 人 林 碧 鏗

台 北 郵 政 信 箱 3 2 6 1 號

主 編 鄭 振 華

行 政 院 原 子 能 委 員 會 執 行 秘 書

第 四 十 四 冊 李 偉 德

第 四 十 五 冊 徐 定 國

第 四 十 六 冊 曾 明 哲 黃 炳 華

印 刷 者 高 長 印 書 局 股 份 有 限 公 司

台 北 市 大 同 街 119 號

定 價 新 台 幣 二 十 元 港 幣 三 元 五 角

我們的一個目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識的傳播，是提高工業生產，改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。科學宗旨，固在充實人類生活的幸福也。

近三十年來，科學發展速率急增，其成就超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成事實。際茲太空時代，人類一再親履月球，這偉大的綜合貢獻，出諸各種科學建樹與科學家精誠合作，誠令人有無限興奮！

時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的急要責任，培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如生物、化學、物理、數學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。科學研究與教育的學者，志在將研究成果貢獻於世與啓導後學。旨趣崇高，立德立言，也是立功，至足欽佩。

科學本是互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的意外收穫。

我國國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年之間，所可苛求者。因此，從各種文字的科學圖書中，精選最新的基本或實用科學名著，譯成中文，依類順目，及時出版，分別充作大專課本、參考書，中學補充讀物，就業青年進修工具，合之則成宏大科學文庫，悉以精美形式，低廉價格，普遍供應，實深具積極意義。

本基金會為促進科學發展，過去八年，曾資助大學理工科畢業學生，前往國外深造，贈送一部份學校科學儀器設備，同時選譯出版世界著名科學技術圖書，供給在校學生及社會大眾閱讀，今後當本初衷，繼續邁進，謹祈：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者；

主動地精選最新、最佳外文科學技術名著，從事翻譯，以便青年閱讀，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世，助益學者。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。掬誠奉陳，願學人們，惠然贊助，共襄盛舉，是禱。

徐氏基金會敬啓

第四十四冊

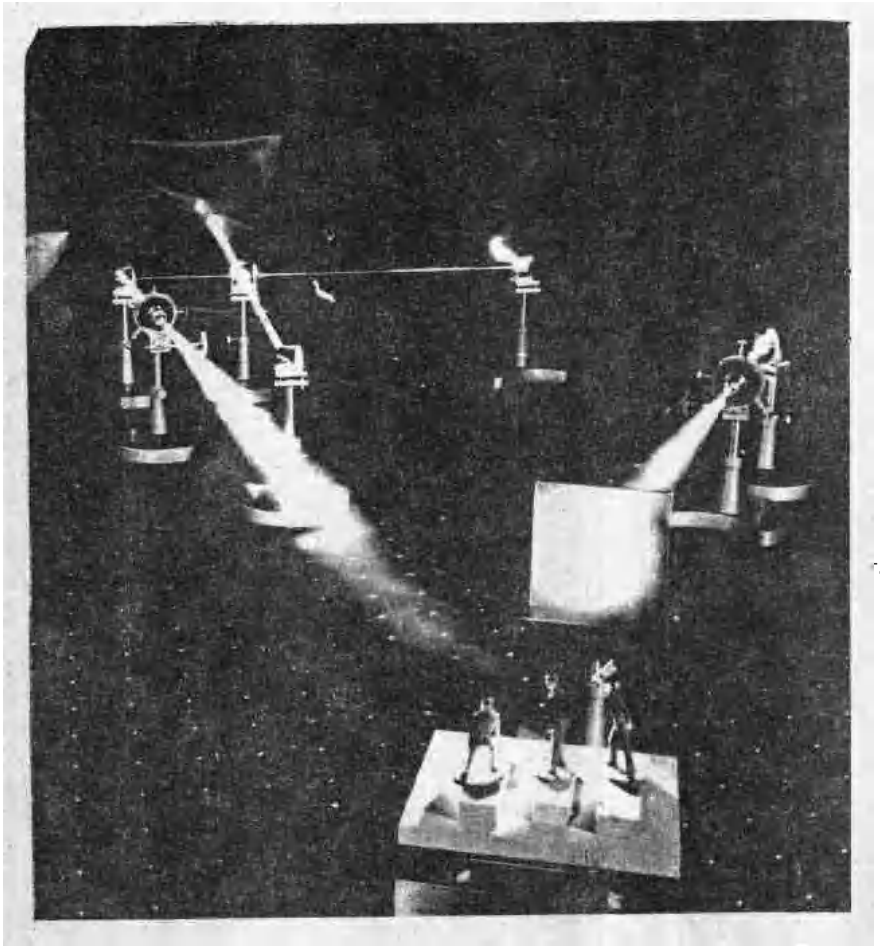
雷 射

譯者：李偉德

原子能文庫

第 44—46 冊

冊別	書名	譯者	頁數
44	雷射	李偉德	1~49
45	物質的微觀構造	徐定國	1~52
46	非破壞性試驗	曾明哲 黃炳華	1~30



在雷射的各項應用上，沒有比它能製造立體照片更令人驚訝的了。製造過程的各項設備佈置如上圖。兩條不同顏色的雷射光束從圖片上方的布幕發出。這兩條光束先結合起來（圖上中），然後結合的光束由分光鏡、鏡子、以及透鏡分離，於是一部分光束照向物體（圖前），一部分照向正方形的感光片（圖右中）。當感光片（就像普通的感光膠片）感光後，只能見到灰色的表面。但是一當空間同調光（如雷射）由感光片後面照來時，一個驚人的、各色的、三維空間的物體影像就出現了。（請參看十九頁以及圖十三）。

目 錄

引言.....	1
電磁譜.....	5
無線電波.....	9
光和原子.....	14
同調光波有什麼特殊呢？.....	19
控制發射.....	24
雷射的誕生.....	27
雷射——一個新的名詞.....	31
一些有趣的應用.....	32
雷射各態.....	40
通訊.....	46
雷射將來的展望.....	49

雷 射

作者：HAL HELLMAN

譯述：李 偉 德

引言

1950年代電晶體的發現使電子學邁入了一個新的境界。幾乎只是在一夜之間，新式的收音機、電視機以及大多數的電子設備，就像放了氣的氣球一般，體積突然變得很小。轉眼之間，得了重聽症的患者能把聲音放大器掛在他們的耳朵上。少年們無論到任何地方，都能聽到他們所喜愛的音樂。似乎在任何地方，只要我們扭開電晶體收音機就能引起別人的注目。甚至連美國國會還有一項有關電晶體收音機的建議，那就是每一個家庭都需準備一架電晶體收音機，以應付緊急情況。

在電晶體的發現之後，下一個發展使科學家與工程師們的想像力更得以發揮的，那就是雷射（laser）——一種儀器，可以製造像鉛筆那樣細，並且極其強烈的光線。我們之中，可能已經有不少人對這項發明知道得很多，我們似乎很難以相信，第一具雷射的製成只不過是數年之前的事情罷了！我們並且從許多的科學報導知道：雷射將要在我們的日常生活上，引起偉大的革新，比電晶體所帶給人類的益處更來得重要。從牙醫的磨牙電鑽子到到處可見的電線，雷射將要替換一切舊有的儀器與設備。這整個世界，似乎將變成爲一部部雷射的大集合體，只要你想做什麼，都有雷射替你竭誠服務。當我們想建造一條穿越森林的公路時，只要雷射一掃就成了；我們的國家也將得到永久的安全保障，再也不怕什麼洲際飛彈的襲擊了；癌症也會被克服；電子計算機（computer）將來會變得很小，連衣服的口袋都能裝下，於是世界上一切的一切都會改觀……

然而在發現雷射的最初兩年內，除了在電視上為刮鬍刀片刀口作穿洞的廣告之外，雷射似乎不能用到任何事物上。不知是什麼緣故，這項發明不曾從實驗室走入應用方面，這件事情立刻引起了一些好嘲諷的人士的譏評，稱雷射是“一種尋求一項應用的發明”。

一部份報紙上的誤解言論，以及一些製造商的誇大之詞，都做鹵莽的要求要把雷射免費的公開，從實驗室中解放出來。但是即使是比雷射更簡單的儀器，從實驗室走到市場的路途經常是遙遠且艱辛的，價格，效率，可靠性，方便性——這些都是必須先要考慮到的因素。顯而易見的，一件像雷射這樣新奇的東西，應用到科學或醫學方面之前，必須要做種種的改進，尤其應用到工業方面時，更需要反覆的試驗改進。

目前似乎已經到達轉捩點了，我們可以見到利用雷射的儀器設備已經銷入市場，例如用來進行非常精細的眼科手術的儀器，體積很小的電子線路的點焊（圖一），以及控制精確度非常高的機器及工具（圖二）。



圖一 一具商用雷射點焊器。顯微鏡用來作精確調整雷射光束的位置。

並且雷射應用的發展可說是一日千里，至少已經有一打以上的工廠，宣稱他們正在設計，如何把雷射技術應用到他們的產品中。現在雷射不再只是實驗室內的實驗了，而且是應用到度量 and 試驗，以及工業、軍事、醫學和太空方面的實際產物了。例如，美國陸軍宣佈，他將要購買第一批用於戰場的雷射裝備：一種輕便，可攜帶，具有高精度精確性，用來作砲兵觀測用的射程測量儀。

美國最近幾年，約有 500 個實驗室進行雷射的研究與發展，但是每年的研究經費總共只有一億美元，這仍然是非常的窘困，並且單只是美國政府每年用在雷射研究的費用即達二千五百萬美元，更可知研究經費的缺乏了。數以打計，甚至是數百件的雷射應用研究正在火熱的進行之中，依情形的需要，有的計劃急如星火，有的計劃則稍為緩慢。有的發展立刻引起某些特殊技術上的革新，像在強大的動力或高度的效率方面，另外一些則完全是新的應用。其中最能使人感到驚訝與興奮的便是整體照相術（holography）了。

整體照相術包含一個和普通攝影完全不同的過程，並且能把這種奇妙的特性利用到三維（three dimension）的彩色電影和電視（參看二十頁）。你必須真正看到這種表演過程，不然你是不會相信的。一瞬間你見到的似乎是感光過度朦朧朦朧和實物明暗相反的底片。突然間一個活生生的實物影像從底片後跳出來了——顯然是懸浮在半空中！不但你看起來豐滿且有深度感，並且你只要轉動你的頭部就像見到影像的後面，簡直就像真正實物放在銀幕上一樣。

雷射應用在通訊方面是一個很重要的項目，可能是因為它不像在刀口燃燒小洞那麼出名，因此我們很少聽到關於這方面的消息。其實許許多多的科學家與工程師，正在進行著把雷射應用到通訊方面的工作，可能在所有的雷射應用計劃中，這項工作是從事研究人員最多的一項。

這其中的原因是：目前現有的通訊設備過於繁雜。越洋（大西洋）電話線已經到達飽和，經常要等好幾個小時，才能輪到你使用越洋電話。業餘的無線電操作者們曾經受到威脅，因為他們佔了最好的波頻，這些頻道是爲了應付非洲新獨立國家而特設的頻道。電視節目必

須與國際電話、電報以及數據傳送網互爭頻道。電子計算機雖然已經廣泛地應用於科學、企業以及各種工業上，但是它所減少的人員與設備仍然有限。用於太空通訊的人造衛星，可以分担一部分的困難，但終究不能解決整個問題，況且用於太空通訊的人造衛星還需要許多改進。



為什麼通訊方面對雷射感到莫大的興趣呢？這可由最近的一次試驗說明，所有的紐約七條電視頻道（channel亦可稱之為溝槽），只要一道雷射光就可傳送。若用於電話通訊方面，一個雷射系統，在理論上可以負載八億條通話線——也就是在美國每個人可以有四條通話線。

在這本小書內，我們將要學到什麼是雷射，它到底有多大的本事，竟敢先誇下海口。我們並且要研究雷射究竟是何物？它如何為人類工作，並且我們還要知道幾種不同種類的雷射。在這之前，我們先要討論一些大家比較熟悉的放射線，像無線電波及微波、光線和X射線等，以幫助我們對雷射的瞭解。

電磁譜

一個人對於周圍事物的認識，約有 85 % 是以光線作為媒介，傳遞到人的眼睛中而引起反應的。然而不幸的很，一直要到十七世紀的末葉，人類才約略想到到底“光”是什麼一回事。不久之後，科學界奇才愛薩克·牛頓（Isaac Newton）證明了，我們日常所見稱之為白光的東西，是虹彩上各色光的組合罷了。又過了幾年，荷蘭天文學家赫更斯（Christiaan Huygens）介紹給人們一種新的觀念：光是一種波動。這種新奇的觀念一直被爭論不休，直到 1803 年才被人們所接受，時當英國物理學家湯麥斯·楊（Thomas Young）巧妙地證明了波有繞射的特性，繞射也同時是光線的特性。並且大家到最後也都明白，造成各種不同顏色光線的原因，是由於各色光線具有不同的波長。

光線被發現是一種波動的現象，在原理上，和我們見過千百次的水波並沒有什麼差異。如果你站在海邊，數著每分鐘到達海岸的波浪，然後拿 60 來除，你就得到海浪波動的頻率或週率（frequency），它的單位是我們熟悉的每秒若干週（Cycle per second，縮寫為 cps）*。

然而對於光線，你就不能像計數浪波那樣慢，光波的振動率是一秒鐘約 4×10^{14} 次，這是指紅光的振動率，若是紫光的話，以上的數值還要加倍。

頻率的數值像以上所說的，光線頻率那麼大時，我們在討論或者在運算處理數據時，常會感到過於繁複並且又太不方便。但是幸運的，我們可以從另一個方向去探索研究它。讓我們先由浪波作為討論的出發點，當海浪還未接近海濱時，海浪的波動是很規則的，從一個波

* 亦可稱之為赫茲（hertz），為了紀念十九世紀德國科學家赫茲而命名。
1000 赫茲 = 1000 CPS.

峯到下一個波峯之間的距離是非常重要的，我們稱它為波長（wave length）。水波的波長可以呎來度量。如果光波也用這個單位度量的話，光波的波長就約為千萬分之一吋，這仍舊是一個繁雜的數字。因此科學科們採用米制單位*，並且訂了一個標準單位，稱為埃（angstrom）*。一埃等於一億分之一公分（ 10^{-8} cm）。因此我們可見圖三所示，可見光波的範圍，由紫光波長約為4000埃到紅光波長約為7000埃。

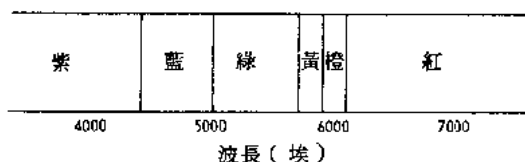


圖3 可見光譜的範圍，波長約由4000埃到7000埃。

就在光波波長被發現的前後，一位德——英天文學家威廉·賀雪爾（William Herschel）進行了一項有趣的實驗，他拿了一支溫度計，在光線經過稜鏡折射後，所展成的紅、橙、黃、綠、藍、紫各色的區域內，各別度量它們的溫度差異。當他把溫度計由紫光慢慢地移向紅光的區域時，溫度計顯示溫度逐漸上昇，當他把溫度計向紅色光區域之外移動時，溫度更繼續昇高，然而在此處並沒有可見光譜存在。

因此賀雪爾發現了紅外線（我們從太陽光感受到的一種熱），也同時發現，紅外線只不過是可見光譜紅色光的延續罷了。不久之後，紫外線也相繼被發現，紫外線在可見光譜的另一端，和紫光相接。

新的放射線相繼發現，從此以後放射波譜（radiating - wave spectrum）的兩端不斷的擴展，這是在科學界非常令人振奮的一件事情。這項結果稱為電磁譜（electromagnetic spectrum），我們可由第四圖看到，電磁譜是由各種顯著不同的放射線所組成。在可見光帶的上方（也就是頻率較高的地方），我們發現紫外線，X射線，

* 米制系統是法國所訂定，並在1799年為法國官方所採用。現在米制系統已經用到法國所有的度量儀器上了。

* 因瑞典物理學家埃斯壯姆（Anders J. Angstrom）而命名。

伽瑪射線以及一些宇宙射線；在可見光帶的下方，有紅外線，微波以及無線電波等。我們可在圖中看到，整個電磁譜內，可見光帶只佔很少的比例。還有一件有趣的事情要附帶一提的是，波長與頻率之間成反比的關係，當波長很大時，頻率則很小，反過來也一樣*。

這些各種不同的放射線（也就是波），當它們與物體交互作用時，則產生顯著的差異。但是它們都是這一族的組成分子。在基本上，它們之間唯一的不同，就像虹彩的各色光不同一樣，只是因為波長的不同罷了。在某些情形下，它們的發生方法也不盡相同，我們將要在本書不久之後談到。

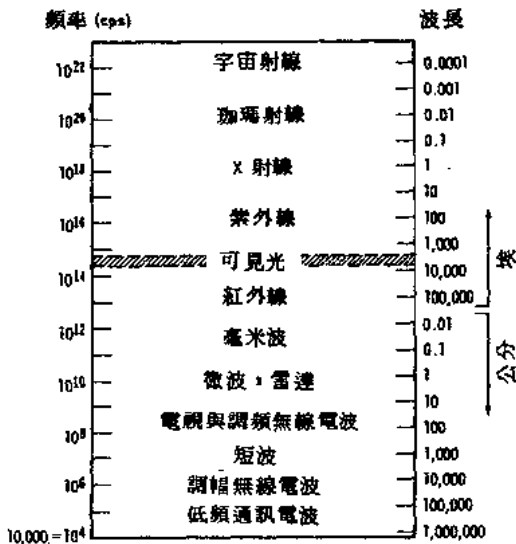


圖 4 可見光的範圍在整個電磁圖中佔很小的一部分。

* 波長以希臘字母 λ 表示，和頻率 f 成反比的關係， λ (meters)
 $= 300,000,000 / f$ 。

到目前爲止，由紫外線到宇宙射線這個範圍，大部分還是物理學家們所從事的工作。因爲在這個範圍頻率很高，所以當我們計算或度量這些放射線時，是用波長來討論。在另一方面，無線電波和微波*大多數已經歸入通訊工程師的領域下，因爲頻率不高，所以用頻率來表示。因此，每當你要聽某一電台時，就把收音機的週率調到每秒若干週，然而說明光線，則說它是由 4000 到 7000 埃的放射線帶 (band)。

放射線是比較新的知識，科學家們正在忙於探討研究。當我們對放射線的知識與經驗累積得够多了，我們就要利用到這些放射線了。

* 微波 (microwaves) 是一種無線電波，其頻率超過每秒 1000 百萬週。

無線電波

無線電波是新近發現的電磁波中，最早拿來替人類作功，造福人羣的。無線電波所具有的特性是：波長較大，頻率低*。這種低頻率的特性，能使我們在製造無線電波時，比較容易把整個能量集中在某一頻率。

我們只要稍微思考一下後，把全部能量集中在某一頻率所產生的價值就顯而易見了。比如說，一群人在森林中迷失了路，他們在森林中走來走去，正在無所是從的當兒，忽然他們聽到遠處尋找他們的人，發出細微的聲音，於是迷路的一群人立即各以不同的方式喊著叫著求救。這並不是一個很有效的方法，對不對？但是如果這些人把所有喊叫聲音的能量，用來作一種叫聲或哨音，也就是說，假若迷路的每一個人的聲音都相同，他們同時叫喊，是否獲救的機會就大些呢？

無線電波的這種具有單頻率的能力，稱之為頻率同調性（frequency coherence）（頻率相干性），或者是時間同調性。（時間相干性）我們可以從圖上很容易瞭解。圖五的（a）表示一個單一正弦波，這也是表示正弦波最常用的方法，也是頻率同調放射線的一個特例。（b）我們看到的是頻率不同調放射線（就像一群束手無策的團體，

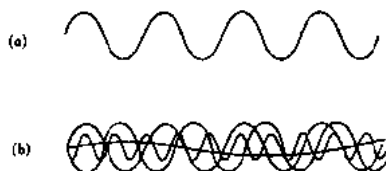


圖 5 (a) 頻率同調放射線。 (b) 頻率不同調放射線。

* 無線電波的頻率由 10 到 30,000,000 每秒千週；這在電磁譜中算是很低了，但是在無線電波譜，它又有自己的分類，何者為低頻；何者為高頻。