

# 综 合 评 述

## 激 光 技 术 的 几 个 问 题

### 1. 引 言

自从梅曼使用红宝石棒，成功地振荡出6,943埃的红色脉冲光以来，已过了六年多的时间。现在，从约0.3微米到0.7毫米之间极其广阔的波段上，都有可能使用激射技术产生电磁波(参看图1)，它们的输出量级，脉冲峰值等也是大的，而且是多种多样的。激光振荡的物理研究，进展非常迅速；但在激光器的应用方面，从根本上说，无论作为技术还是用于生产都不能说已看出明显的方向。所以一方面酝酿着所有应用的可能性，另一方面，作为基础学科的研究和工程研究变得越来越重要，激光技术也就一步一步的成长起来。最近，对这种意义上的激光技术，人们称为“激光工程”、“激光工艺”。

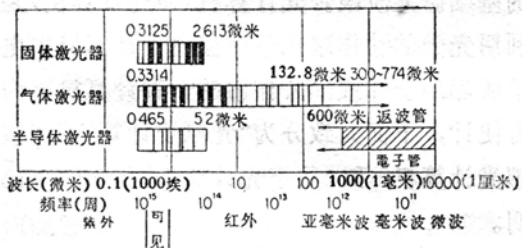


图 1 激光的频谱。

将激光作为技术来看时，有两个新的方面。一个是“利用量子力学稳定能态之间跃迁”的所谓量子电子学的领域，另一个是产生和利用可见光与无线电波交界处跨越远红

外、亚毫米波的相干电磁波的所谓新的无线电技术领域。这两方面都在发展，而激光技术的工业领域，可望将来会有很大的增长。

激光技术的研究，美帝较为盛行，图2表示美帝在激光器方面投资的增长情况，和作为商品的 He-Ne 气体激光器的寿命及价格的改善情况。

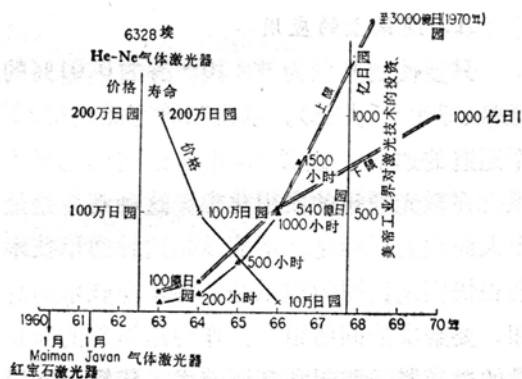


图 2 美帝激光技术的发展举例。

本文将概要说明“激光技术的可能性”以及为了技术发展而成为目前研究基础的某些问题”，并将介绍日本电气试验所激光研究室在这方面的研究内容。

### 2. 激光的应用及其可能性

激光器由于具有许多独特的优点，可望在各种领域有许多新的应用。它不是处在开辟决定性的应用的阶段，而是落实了不少实用的仪器。图3对激光器的特点及其应用方

面进行了分类，并说明各种应用的可能性。在这些应用中，对电子技术和无线电技术有深远意义的有：A) 通讯上的应用；B) 信息技术上的应用；C) 测量技术上的应用。下面依次加以陈述。

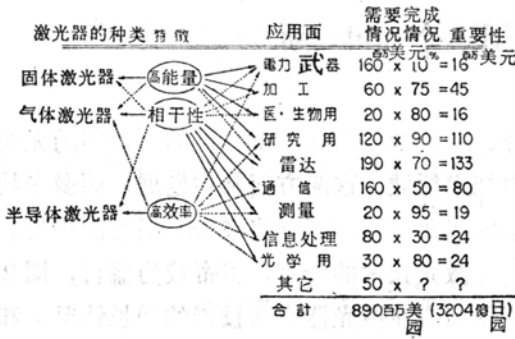


图 3 到 1970 年，美帝激光应用的可能性和市场情况的推测。

A. 通讯上的应用

只要使用光频为  $4 \times 10^{14}$  赫的 0.01% 的通带(即 40 千兆赫)，就意味着可能进行  $10^7$  个通道的通话，或者 8,000 个通道的电视通讯，在激光通讯的实用化上，这种超载是最令人向往的。但是，不能设想这种通讯技术会很快实现，因为通讯是多种多样技术的总和，要解决的问题很多：作为通讯用的高质量的激光器、调制和解调技术、传输线路以及各种连结网络等等的研究都是；对激光来说，与热噪声相对应的量子噪声是不可忽视的，由于不能越过位相和光子的乘积总是保持一定值的所谓测不准原理的限制，和因自发辐射而产生的激光放大器的噪声等等，都是进行宽频带高质量激光通讯时所研究的重大问题。

这样的宽频带长距离通讯，作为将来的课题，是必然的方向，而在现阶段，近距离的带宽为 10 兆赫的电视，传送几个波道的简易通讯实验已经成功。

同以前的气体激光器比较，转换效率提高 100 倍以上、连续输出 700 瓦、大气传播特性良好的 10 微米波长 CO<sub>2</sub> 激光器的出现，以及数十瓦的可见光 Ar 离子激光器的出现，从把激光用在通讯上来看，可以说具有这种实现的可能性。

图 4 表示激光通讯系统的方框图。

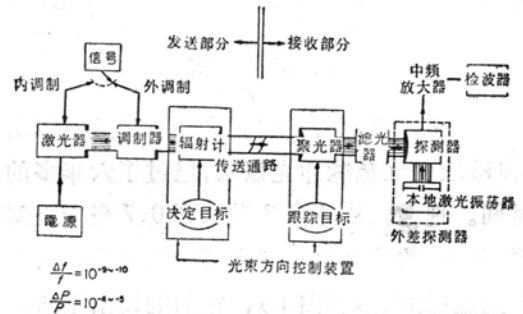


图 4 激光通讯方框图。

B. 信息处理技术上的应用<sup>[1]</sup>

利用光处理信息的尝试，很久以前就有，然而由于激光和半导体发光的出现，这方面的研究变得活跃起来。例如，美帝从 1962 年以来，每两年召开一次关于“光学和电光学信息进展工艺”的讨论会，提出了很多有兴趣的问题。使用光计算机，是激光最有趣的应用领域之一，但还处于探讨可能性的基础研究阶段。光计算机(激光计算机)是利用光子的动作来代替以往电子计算机中电子所起的全部或部分作用的一种计算机，为方便计，下面大致分为“光电子计算机”、“模拟光计算机”和“数字光计算机”加以简单说明。

i) 光电子计算机

与仅用光进行演算的纯光学计算机对比，光电子计算机是积极采用光电元件的，基本上是把发光元件与光探测元件结合起来的机器。按这种方式，电输入及输出完全被分离，信息传送是单向性的，能够与电位无

关地连接,使用从直流到微波段的信号的频率特性的机器,在原理上是可能的,它的线路装置比较简单,特别是用可见光操作时,插柱容易读出,这些都是光电子的特性所能够产生的。例如,图5表示的是万能逻辑变换器。把光电元件与穿孔卡巧妙地组合起来,进行各种逻辑变换(2进位法→10进位法等),进行讯号处理,更进一步使用光电元件结构的输入输出指示器。

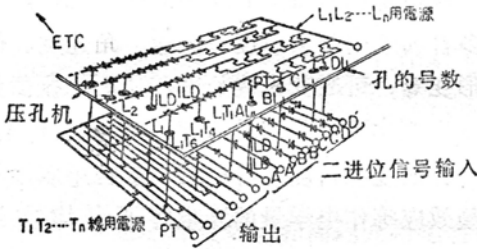


图5 万能逻辑变换器。

ii) 模拟光计算机

利用激光的相干性,巧妙地组合光学系统,能够有效地进行数据处理、相互相关和自相关频谱分析、天线模型分析以及各种积分变换等等多信息密度处理。图6是计算相

互相关的系统的例子。事实上,光学系统实质上是二元的,相干透镜系统在本质上是连续进行富氏变换,乘算作用可以通过透镜系统上的成象简单地求得,从而进行上述演算。利用这种机理,可设想出种种模拟计算机,一部分已实用化。

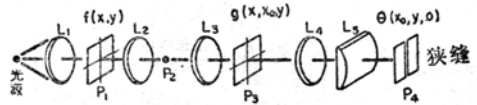


图6 相互相关的计算。

iii) 数字光计算机

这是利用激光器本身或其它量子(电子)元件作为能动的逻辑元件,构成开关阀、倒相器、混合器、单稳态线路、双稳态线路等,以实现超高速光计算的最富有幻想的纯光计算机。目前,以掺钠的纤维激光器和 GaAs 结激光器等为中心的基础研究已有进展。在有的场合,使用激光与激光工作物质之间的非线性相互作用作为逻辑元件,其原理是利用工作物质对激光的猝减和吸收的饱和现象。图7表示这种激光倒相器的原理。

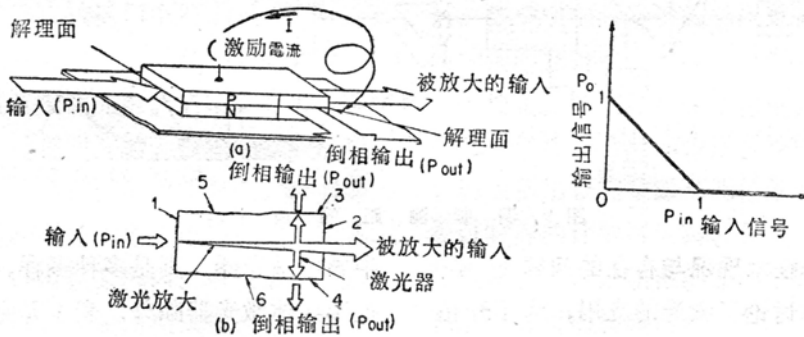


图7 激光倒相器,(a)立体图、(b)俯视图。

iv) 其他

将激光器用于存贮装置,输入输出装置的研究正在尝试。例如,如图8所示,用与电子枪激光器相联结的 KDP、KNT等晶体

和棱镜构成的颜色选择器(在1秒钟内能进行125,000种颜色选择,在1厘米<sup>2</sup>上能存贮1亿个二进制信息单位),利用晶体对光的折射,在火柴头那么大的面积上有131,072

个焦点，能够以每秒 10 万次速度通过稳定的位置数据，并进行存贮和印出的机器；使用光学系统的空间频率分析作用的花样识别，根据花样的改进法所得到的记忆密度的增加，以及用以处理信息等各个领域的基础研究都有所进展。

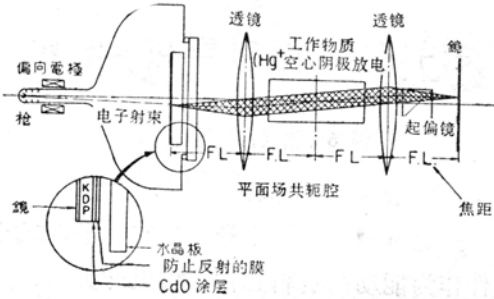


图 8 电子枪激光器。

从上述种种尝试看出，并没有想把庞杂的“信息处理方面的应用”的概念统一下来加以固定。可以想见，未来将会大大扩大和发展已经有的电子技术关于信息处理的概念。

C. 测量方面的应用<sup>[2]</sup>

由上面介绍的(A)和(B)可见,作为激光

的应用领域来说，到达真正实用阶段尚需一定时间，而在测量技术方面的应用，则已十分接近实用。如后面所述，由于气体激光器的振荡频率能有  $10^{-8} \sim 10^{-10}$  的稳定度，所以把这样稳定的振荡波长作为基准，当然能够对长度进行精确的测量，美帝国家标准局、英帝国家物理实验室等单位试制出一种用激光波长直接测量的自动装置。这种装置对一米的长度能给出  $10^{-7} \sim 10^{-8}$  的精度。用脉冲输出测距是激光雷达的最早成品。此外，可用多普勒效应测量速度、流速、角速度、微小形变等；可改变光程长度，从而使振荡频率发生变化，以此测量速度、角速度、流速、压力、温度和密度等等；利用法拉第效应和塞曼效应等作电学量的测量等研究均在进行。图 9 表示日本电气试验所激光研究室进行的长度测量法。作为激光受微波调制的一个具体应用例子，是把长度或者距离，对调制信号的波长进行刻度测量，如果高精度地保持调制信号的频率，则对较长的距离(5~500米)能进行精密测量。

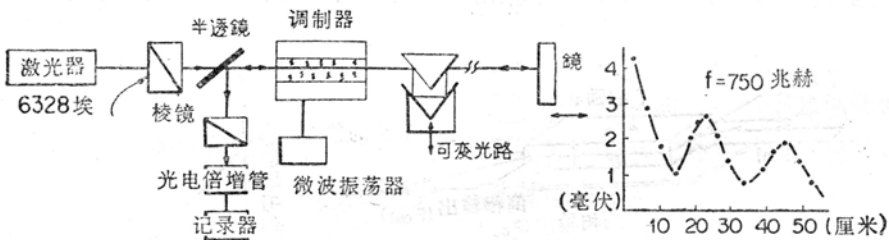


图 9 调制测距的实验。

3. 激光技术现况与存在的问题

上文简单讨论了激光的应用，为了开拓这些应用领域，必须有效地使用以前的光学技术和微波技术，同时还要解决从这两种技术派生出的新技术的基础问题。下面就说明这方面的现况和存在的问题。

3.1 激光振荡器

图 1 所示的固体激光器、气体激光器、

半导体激光器，真是多种多样，下文的叙述把半导体激光器除外。表 1 是它们的大概特性。

a) 固体激光器

固体激光器包括晶体激光器，玻璃激光器，有机螯合物激光器等。对于晶体激光器，以红宝石装置(振荡效率在 1% 以下)历史最长，而且使用普遍；此外还有掺  $Nd^{3+}$  的

表 1 各种激光器的特性

特 性 \ 种 类		气 体 激 光 器	固 体 激 光 器	半 导 体 激 光 器
振 荡 波 长 (微 米)		0.23~774	0.60~2.61	0.65~8.5
脉 冲 宽 度 (周)		1~10 <sup>3</sup>	10 <sup>8</sup> ~10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup> ~10 <sup>12</sup>
方 向 性 (弧 度)		10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>
功 率	行 波 (瓦)	10 <sup>-6</sup> ~10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-1</sup>
	脉 冲 (瓦)	10 <sup>-2</sup> ~10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>0</sup>	1~10

CaWO<sub>4</sub> 晶体, 掺 u<sup>3+</sup> 的 CaF<sub>2</sub> 晶体。以钇铝石榴石作为基体的 Nd<sup>3+</sup> 激光器, 光学性质良好, 效率高, 振荡阈值为几个焦耳。与晶体激光器相比, 玻璃激光器的尺寸大, 适于作成输出大的大型激光器。Nd<sup>3+</sup> 玻璃激光器在能量输出方面, 凌驾于红宝石激光器之上。有机螯合物激光器, 具有光学特性良好、形状的大小不受限制的优点, 在常温下是液体激光器。

用 Q 开关法, 固体激光器的输出功率峰值已超过 10 千兆瓦, 输出能量达到 2,000 焦耳。最近正盛行对固体激光器(钇铝石榴石: Nd<sup>3+</sup>) 的连续振荡研究。在常温下已得到 1.5 瓦的连续输出。

固体激光器的弛豫振荡, 一般说来是由于晶体的不均匀性造成的, 在时间上是不规则的尖峰振荡, 并是多模振荡。因此, 一方面在单模化上下功夫, 进行控制脉冲波形的振荡研究; 同时, 积极利用多模的锁模效应, 研究得到时间宽度窄的、峰值大的脉冲的方法。此外, 正尝试根据两个固体激光器之间的相互作用来控制振荡, 图 10 (a) 就是一个例子<sup>[3]</sup>。红宝石 I 的两个端面分别是反射率为 95% 及 50% 的多层电介质反射膜, 红宝石 II 的一端是反射率为 80% 的反射膜。红宝石 I、II 都含有 0.05% 的铬离子, 和 C 轴成 60°, 直径为 10 毫米, 长为 5 厘米。把这两

根红宝石排成纵列, 用同一激励源同时进行光抽运, 普通的单根红宝石, 弛豫振荡的周期为几微秒, 而在两根宝石的场合, 周期更长, 并能够规则地产生峰值大的脉冲。图 10 (b) 表示这种输出的情形, 图 10 (c) 表示这种相互作用的原理。

#### 6) 气体激光器

气体激光器种类最多, 发生振荡的波长从紫外到亚毫米波, 相干性最好, 连续输出的功率已到数百瓦。He-Ne 激光器 (0.633 微米、1.15 微米、3.39 微米) 一般从 6 米长 (输出 1 瓦) 到 9 厘米; He-Xe 激光器, 对于 2.02 微米振荡波长, 有 4.5 分贝/米的小信号增益, 对 3.5 微米的振荡波长, 有 60 分贝/米的小信号增益, He-Ne 的 3.39 微米有 50 分贝/米的增益, 它们都有希望作放大器。这些器件全是利用电子能级间的跃迁, 亦有利用离化原子能级间跃迁的离子激光器, Ar 离子激光器在可见区域 (在 4,545~5,287 埃之间有十条振荡谱线), 能得到数十瓦的输出, N<sub>2</sub> 离子激光器 (3,371 埃) 的增益也大。

最近特别引人注目的是前面介绍过的 CO<sub>2</sub> 分子激光器。它在 10.6 微米附近的两条振荡谱线, 有高输出功率和高转换效率。据报导, 已经得到 1 千瓦的连续输出功率, 在能量的转换效率上大约为 He-Ne 激光器的 100 倍以上, 即约 10~20%。

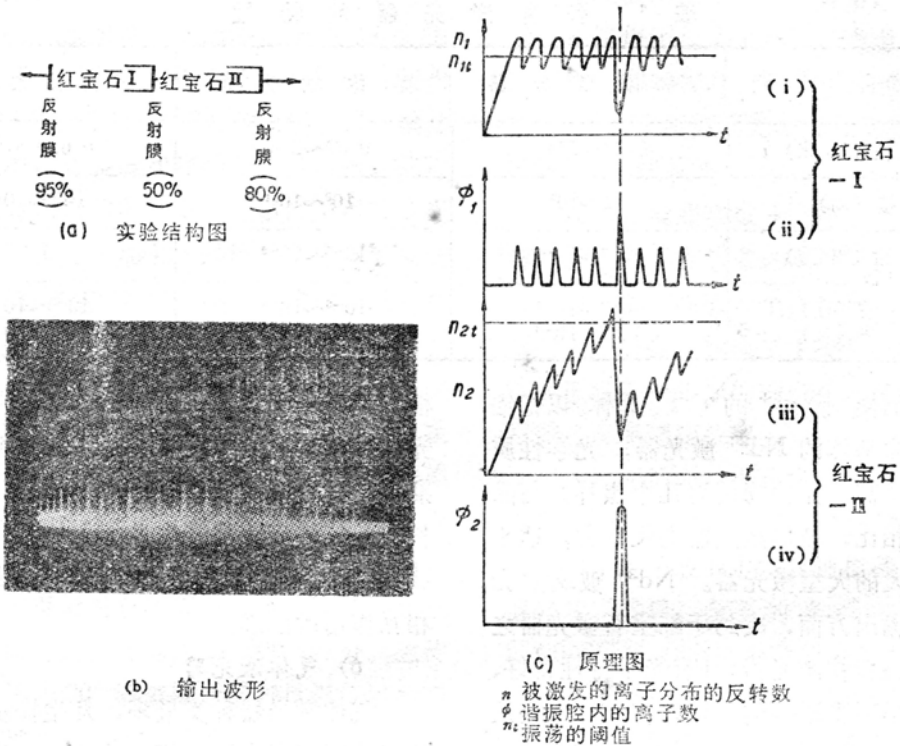


图 10 两台激光器相互干涉振荡的实验。

### 3.2 气体激光器的稳定技术

#### a) 振荡波长的稳定

由于在激光器上使用的法布里-珀洛谐振腔的 Q 值非常高,它的共振曲线的半宽度比气体激光器的多普勒宽度要窄得多,气体激光器的振荡频率由谐振腔的两个反射镜之间的光程决定。因而,镜间距离的变化直接表现为振荡频率的变化,造成镜间距离变化的原因有:振动、热膨胀、气体流动等,如将热和声的振动完全消除,在约 4 秒钟时间内能得到  $3 \times 10^{-13}$  的稳定度。但要获得这种通常的静止稳定状态是困难的。为了在长时间内保持稳定性,研究了各种动的稳定方法。其中的一种是,对于 He-Ne 1.15 微米的振荡,控制谐振腔的间隔使其与兰姆凹陷中心的频率相一致,能得到  $6 \times 10^{-10}$  的稳定度。

此外,尚有在激光器外部,使用加上磁场的气体盒。(根据塞曼效应,这个盒的吸收曲线的频率特性就象图 11 (a)那样),利用了圆偏振光的右旋成分与左旋成分是不同的装置。利用这种不同而产生的误差信号来控制压电元件,补偿镜间距离,能够得到  $1 \times 10^{-9}$  的稳定度,这种装置如图 11 (b)所示。

因为这些方法是以原子的谱线作为标准,所以能得到绝对稳定度。而与此相应的相对稳定,是以该激光器谐振腔以外的谐振腔作为标准的。根据上面的介绍,谐振腔的 Q 值非常高,所以频率的灵敏度也比上述装置高得多。在这种场合,把谐振腔的两个反射镜固定在比共焦点稍短的距离上,引入轴外的激光,则频率的变化随着干涉模位置的变化而变化。使用这种误差信号能够进行稳



定度的控制。日本电气试验所激光研究室应用这种方法，把 He-Ne 激光器 6328 埃的振荡波长稳定到  $10^{-10}$  左右的试验，已取得进展。

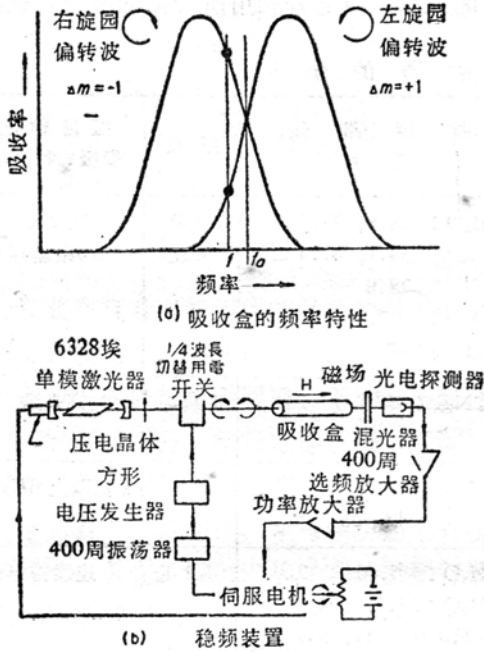


图 11 稳定振荡波长的一种方法。

b) 振荡输出的稳定化<sup>[4]</sup>

因为气体放电管是作为激光器的工作物质来使用的，所以即使把放电电源加以精确的稳定，激光器的输出也大约有百分之几的变化。因此激光输出的稳定是非常重要的，即使把放电时光的一部分负反馈给放电电压，也能得到某种程度的稳定（1%左右）。但是为了更好地稳定，作者提出如图 12 所示的方法，已成功的得到  $\pm 0.1\%$  的稳定度。

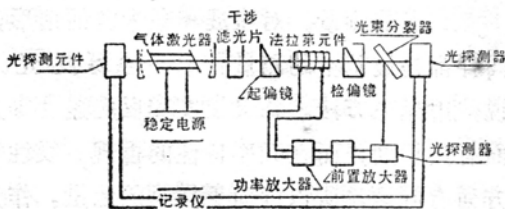


图 12 激光器输出的自动稳定装置。

3.3 固体激光器的大功率技术

固体激光器的特点是输出峰值大，为了使振荡峰值更大，可用 Q 开关法。为了使激发态的原子数比基态的原子数多的粒子数充分反转，先把谐振腔的 Q 值降低，抑制振荡的发生。当粒子数反转很充分的瞬间提高 Q 值，在很短的时间内发生振荡，产生巨脉冲。作为 Q 开关法的开关有放入谐振腔中的克尔盒、普克尔盒、法拉第盒、超声波盒；有使用削波的转动圆盘，还有转动谐振腔的一端的反射镜及棱镜等等。此外，为了自动进行 Q 开关，有把比较容易吸收光的金属薄膜或染料薄膜放入谐振腔中，当在它们上面出现孔时，谐振腔的 Q 值就被提高；有用酞菁、隐菁等有机溶液的可饱和染料盒作 Q 开关的，也有把具有与这种可饱和染料相同性质的玻璃放入谐振腔中作 Q 开关的方法等等。单独或联合使用这种 Q 开关法，能得到脉冲时间宽度为 10 毫微秒~数毫微秒、峰值为兆瓦~几十千兆瓦的巨脉冲。巨脉冲一般是多模同时振荡，而把它变成单频、单模的脉冲是重要的，因此最近在这方面的研究很活跃。另外，使用饱和染料作 Q 开关得到的巨脉冲，在实验上观察到了发光光谱变窄，已确定这是振荡模的自身选择性造成的。把这样的巨脉冲射在物质上，就要引起非线性效应，所以受激喇曼散射、受激布里渊散射、参量振荡等引起的非线性光学研究正在盛行。可以期望，光的参量现象与微波的参量现象在一起所包括的问题会得到说明。

3.4 气体激光器振荡波长范围的扩展

如前所述，由于 Ar 气体激光器、CO<sub>2</sub> 激光器等的出现，气体激光器的振荡波长范围被很快的扩展。从前在光和无线电波接界的区域上最难发生的亚毫米波，现在可能通

过受激振荡的方法来产生,这在技术上是有很大的意义的。在这方面,使用CN基、水、重水等等的分子射束激光器,已经得到791~28微米之间的振荡谱线。这些振荡结果如表2所示。

### 3.5 测量技术<sup>[2-5]</sup>

如前所述,由于激光器的出现,从亚毫米波到可见光、紫外光,电磁波和波长范围被急剧的开拓着,为了在这个领域发展高质量的技术,以充分利用所开拓的波段,就必

表 2 亚 毫 米 波 激 射 器 的 研 究

研 究 所	装 置 全长; 管径; 谐振腔	激 历 电 平	探 测 路 线 微 米	压 强	振 荡 输 出 量 级、探 测 法
英帝国家物理实验室 (Gebbie 除外)	$\phi$ 9.1米, 6.5毫米, 平行平板	50千伏 2.5微秒	H <sub>2</sub> O: 118.8, 78.4 54.7, 47.4 28.0 D <sub>2</sub> O: 72.7, 36.3 CN基: 337	1毫米 汞柱	高来盒 10微焦耳
名古屋大学 (吉永除外)	2.44米, 95毫米, 平行平板	32千伏 0.2周	CN基: 337	0.13毛	高来盒
理 研 (霜田除外)	5米, 50毫米, 共焦球形	15千伏 4~25周	H <sub>2</sub> O: 228, 118 47, 28		1瓦以上 nINSd (峰值)
美帝通用马达公司防 御实验室 (Müller 除外)	2.15米, 7.5厘米, 凹形		H <sub>2</sub> O: 791, 119, 220 D <sub>2</sub> O: 84.3, 108, 172 CH <sub>3</sub> CN: 311, 337	0.3 毛	连续输出
美帝加利福尼亚大学 (Brodia 除外)	理 论 探 讨		CN基896, 638 538, 448 364, 336 269, 232 224, 192 169, 170		

须建立有关新电磁波段的测量技术。各方面都希望对这类测量技术尽早开展研究,现在盛行所谓“激光标准”这样的词汇。作为被测的量,最基本的有波长或者频率、能量、反射系数、相干性、噪声等等。但是,作为测量技术,很难以统一的方法测量毫米到1/10微米的电磁波,所以要灵活使用。在波长长的地方用微波测量技术,在波长短的地方用光的测量技术。前者因为波长短,后者因为是具有相干性的波,所以对

这些测量技术,常常分别称为“准光学测量技术”,“准微波测量技术”。下面以本所进行的工作为中心,分别陈述激光器输出的测量、相干性的测量、准光学测量等几个问题。

#### a) 激光输出的测量

输出的测量,对微波和毫米波的情形,同样都是最基本的测量技术。对可见光来说,用光电方法,在灵敏度和反应速度等方面有其长处,而在频率特性的再现、线性等方面有问题,所以倾向于简易的测量。作为标准的精密测量,专门使用热的方法,但是



直流置换测量法也有其长处。图 13 是最近完成的精密测量激光器连续输出的卡计<sup>[6]</sup>，特点是使用了珀尔帖冷却效应，用直流置换法，能够对 6,328 埃、1.15 微米的连续输出功率，测量到  $\pm 0.5\%$  的精度。所以把它作为“激光功率标准器”使用。在激光器输出的测量上，脉冲输出的测量是重要的，特别是能否正确测量峰值在 10 千兆瓦以上的功率，是个大问题。图 14 表示一般的脉冲输出测量系统，用绝对功率计求出一个脉冲的全部能量，同时求出正确地观测的波形的峰。脉冲输出的测量技术，在以前测量光的技术上是个空白点，用在激光上的有鼠巢型，门登霍耳劈效应型，液体卡计型种种方案。检验这些功率计，就发现现在对于  $10^{-3} \sim 10$  焦耳的输出，能够测量到  $\pm 3\%$  的精密<sup>[7]</sup>。

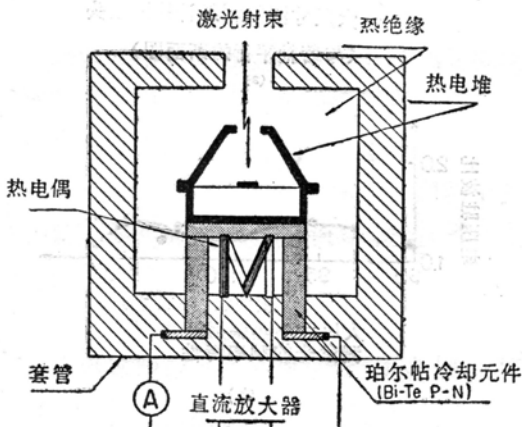


图 13 输出功率测量系统图。

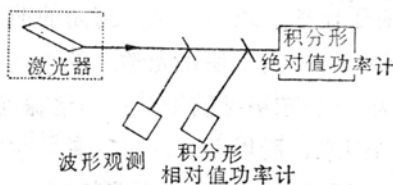


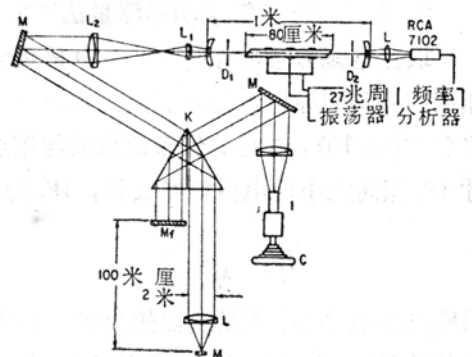
图 14 脉冲输出测量系统。

b) 相干性的测量

激光与普通光的最大差别是，激光的位

相在时间上、空间上都一定的。也就是说时间相干性和空间相干性好。前者与激光良好的单色性相对应，后者与激光的良好方向性相对应。

由于与此相关的可观测量有光的强度和反差，所以可尝试校正过去光学理论的结构；另一方面，由于具有反应时间非常快的光探测器，高速照相的发展，激光在质量上的提高，被一般化了的相干概念和实际的测量都成为必要的。由于篇幅所限，在这里不能详细的讨论相干的概念和实际的测量，仅就简单的测量装置加以说明。图 15 是探求 He-Ne 激光器激光 (1.15 微米) 相干长度的实验装置，使用迈克尔逊干涉仪的原理，观测与干涉长度相对应的干涉条纹变化。相干距离约为 200 米，而对自然光只有几十厘米，可见，激光的相干性是良好的。另外，在红宝石激光器的振荡花样内放置两个针孔，测量空间相干性时，在可见度为 80% 以上的场合，针孔的缝在数微米以内。另外，据报导，通过把两个气体激光器小心加以稳定，使它们的输出模的频率彼此仅差 20 周。



K: 4 吋科斯特棱镜,  $D_1D_2$ : 可变光阑;  
 $L_1$ :  $f=40$  毫米,  $L_2$ :  $f=526$  毫米;  
 $L$ :  $f=199$  毫米, I: 变像管;  
 C: 照相机, L-M: 接收用光学系统(可变);  
 $M_f$ : 固定反射镜, M: 反射镜。

图 15 相干长度的测量。

c) 准光学测量技术

所谓准光学测量技术,系以微波方法为基础,加入光学法的一种测量法。在微波的场合,一般是研究传送单模的线路,因此在这种线路上考虑微波测量技术。但是,随着波长的缩短,就必要使用如表 3 所示的各种线路,必须根据这些线路种类来研究测量方法。此处介绍本研究室正在研究中的方法。这是表 3 中的第 (f) 项的大尺寸方形波导的功率测量法,和根据法布里-珀洛型干涉仪测量波长的方法。

表 3 各种电磁波的传输系统

传输系统	波导系统	方形	a. TE <sub>10</sub> 用的波导管 b. 平行平板波导 c. 长波导 d. H 波导 e. 槽形波导 f. 大尺寸方形波导
		圆形	g. 圆形波导 h. 椭圆形波导 i. 大尺寸 TE <sub>01</sub> 圆形波导 <sup>[13, 14]</sup>
	非封闭系统		j. 电介质线路 k. 电介质成像线路 l. 金属线路 m. G 线路 n. 射束波导 o. 反射型射束波导

i) 大尺寸波导管型功率测量法<sup>[8-9]</sup>

取比常规方形波导管大 8~10 倍尺寸的相似的方形波导管,把具有焦点的反射面短路(参看图 16),在它的焦点处放置与斑点尺寸  $W_s$  相同大小的电磁波吸收体,  $W_s$  为:

$$W_s = \sqrt{\frac{b\lambda}{2\pi}}$$

( $W_s$  是斑点半径,  $b$  是曲面的曲率,  $\lambda$  是管内的波长)。由于大尺寸波导管也能传送高次模,所以把常规波导管与大尺寸的波导管结合起来的锥形波导管,一方面抑制了高次模的发生,又能传送通常规格波导管的基本模,这点是重要的。对于 100 仟兆赫的实验,

使用对称角锥型锥体,把与大尺寸波导管(10 倍)连接处修为弧状并连接之,为了抑制 40 分贝以下的高次模,理论和实验都已确定,锥的长度以 350 毫米以上为佳。用  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和金属膜电阻作吸收体,如果它们的表面电阻值适合,则不必另设匹配元件,就能得到如图 16 (b) 所示的非常宽阔的频率特性。因为在功率测量方法上是用感温体当作吸收体,作为直接测辐射热元件使用。使用直流置换法,能得到 70~90% 的高效转换率。此外,还在研究使用大尺寸波导管的可变衰减器、移相器、混合器等。

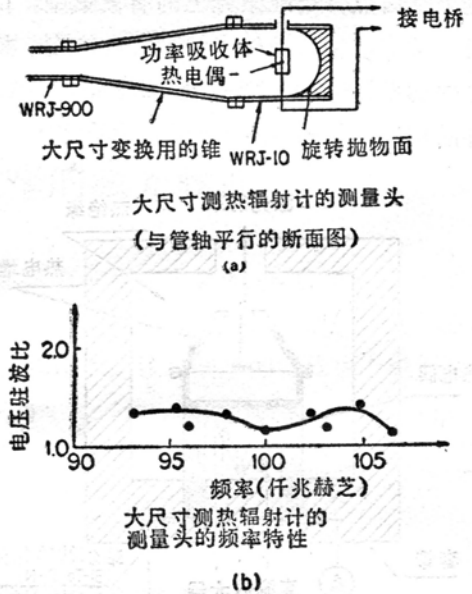


图 16 用大尺寸波导管进行功率的测量。

ii) 法布里-珀洛谐振腔<sup>[10]</sup>

对于比毫米短的波段,封闭的谐振腔的 Q 值要下降,所以使用光学上的迈克尔逊型或者法布里-珀洛型的干涉仪作谐振腔。前者调节困难,所以主要使用后者。它的原理如图 17 所示。制作 100 仟兆赫频带的半球形谐振腔(球面镜),能得到 16 万的 Q 值。构成这样高 Q 值的谐振腔,如果得到锐环的话,则通过精密地测量环间的距离,就可

求出自由空间的波长。但是在共焦的情形，必须补正由理论上的位相所给出的振荡波长。在激光器谐振腔的情形，不使用连结口，而是利用半透明薄膜，但在毫米波，连接口是不可缺少的，所以必须考虑连结口处振荡波长的效应。

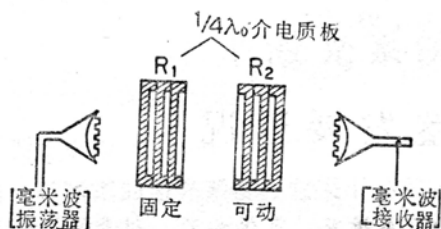


图 17 毫米波用的法布里-珀洛干涉仪。

这样的高Q值谐振腔对于亚毫米波激光器振荡是有用的，谐振腔模的分析表明，对于波长长的亚毫米波激光技术，变得特别重要。

### 3.6 调制和解调技术

当把从亚毫米波到毫米波的电磁波用于通讯、信息处理和测量等电子技术时，需要把这种电磁波根据必要的信号进行自由的调制和解调，而调制和解调技术作为激光应用的基本技术是重要的。在激光光束的调制上，用过去在低频时使用的、以信号电磁场直接控制电子运动的方法是困难的，所以对于激光利用了介质和晶体等特种调制物质的物理效应。

现在，从几兆周到微波的调制方法，最好用的是晶体的普克尔效应和克尔效应。表 4 表示各种调制元件的特性，其中，KTN、LiNbO<sub>3</sub> 等是为了调制激光而在最近发展起来的晶体，它们的调制灵敏度是从前的调制元件的几百倍，这是令人惊奇的。图 18 表示使用 KDP 晶体对于 10 千兆赫的调幅实验装置。对于 10 瓦的微波输出，得到 3% 的调制度。在把 10 千兆赫频带的波导管用短路片隔开而成的谐振腔中，放入晶体，其 Q 值约为

200。另外在如图 19 所示的平行平板型微波传送线路上装上晶体，使光和微波沿同一方向入射，则易得具有宽频带特性的行波调制。但是因为晶体的介电系数对光波和对于微波是有差别的，所以必须匹配它们的速度，希望最好使用介电系数对光和微波没有差别的晶体。最好用灵敏度高，噪声系数以及信噪比良好的，有宽频带特性的元件。作为解调或探测元件。关于光波解调技术的解调方式，可讨论之处是很多的，因篇幅关系，只好从略。

表 4 电工学上使用的晶体的特性

调制物质	折射率	100% 调制电压	微波的介电系数
KbP	1.47	8.4千伏	20.0
CuCl	1.93	6.2千伏	8.3
ZnS	2.37	10.4千伏	10.3
KTN	2.29	38千伏	10 <sup>4</sup>
LiNbO <sub>3</sub>	2.29		98

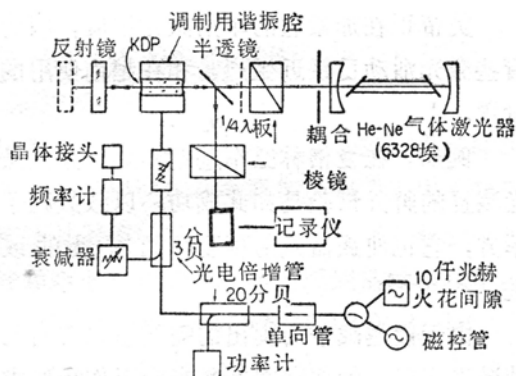


图 18 微波调制系统图。

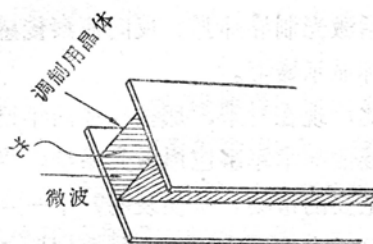


图 19 行波型调制器。

#### 4. 结束语

以上简略地介绍和讨论了“激光技术”的意义,目前的发展情况,将来的可能性等。诸问题以及本研究室的研究内容。由于篇幅有限,谈得很肤浅,另外对传送线路<sup>[12]</sup>激光器回路元件、解调检波、半导体激光器等重要问题都未涉及,所以十分不全。这篇文

章只是概述了激光技术的发展,以便能从中认识到现阶段作为技术基础研究的重要性。

#### 参 考 文 献 (略)

译自 樱井健二郎,《電気试验所集報》,1967(1月),  
31, №1, 93~103

## 美帝战术激光装置发展近况

**编者按:** 本文着重介绍美帝战术激光装置的发展近况,可供参考。别看他们大吹大擂,其势汹汹;实则是争名夺利,矛盾重重。直到现在,连一件简单的测距仪也迟迟不能投产,这就充分暴露了帝国主义的腐朽性与没落性。他们的科学技术发展速度其实是很慢的,是完全可以赶上和超过的。

美帝一直希望能把这些装置早日用于侵越战场,以帮助摆脱其困境。但历史是严酷无情的。南越军民新春以来所取得的一系列辉煌胜利,再一次雄辩地证明了我国伟大领袖毛主席的英明论断:“武器是战争的重要因素,但不是决定的因素,决定的因素是人不是物”。他们的企图是永远不能得逞的。

美帝正在加紧它的军用激光发展,因为有些激光活动已接近生产,和在越南使用的阶段。

例如,在爱格林空军基地等处,某些激光装置的野外试验是如此成功,以致鼓励了军方,它也使武器发射精度可能有量的改进。

由于侵越战争而提出的需要里已列有几种激光应用。例如空军在其东南亚作战要求的130多个项目中,已经列举了许多激光技术,包括激光制导炸弹、夜间侦察传感器和特殊目标显示器等。

因此,现在看来,那些在前两年已加快步伐发展的战术军事应用激光系统,将可能开始有主要的市场。微候表明,下一年半到二年内可望有的巨大军事订货会比所有其他激光领域的总和都要大。

目前许多感兴趣的军事激光应用,包括那些目前尚处在工程试验和产品研制阶段的在内,基本上可分成两大类——测距和照明。前者包括直升机和轰炸机武器火力控制用的测距仪,以及辅助坦克炮轰击或者用于火力控制和炮兵瞄准的手携式测距仪。激光照明器正在大力探索之中,而某些方面正在发展,作为导弹和改进普通的装甲炸弹半主动制导方案的一部份,及作为夜视和红外监视器件探测的辅助装置。

这两类应用能满足那些在越南的紧急军事需要——希望更精确地发射武器和运用更有效的技术来进行夜间监视、侦察和警戒。几乎所有在军用产品目录和研制中的电光制导导弹以及一些其他战术导弹都正在检验改用激光照明器的可能性。在这种情况下,将一束狭激光射向所选择的目标,而遥控发