

## 綜 合 評 述

# 光 激 射 器 的 應 用

沃新能、王克武、李逸峰、顏紹知、胡靜芬

自1960年7月到現在四年半左右的時間內，光激射器從問世發展到應用，其速度極快，涉及的領域也極廣，就以光激射器的應用而論，想全面地對其進行介紹是有困難的，本文試圖對某些應用，作一簡略的整理和介紹。

### 一、漫反射激光測距與激光雷達

激光漫反射測距儀在初期(1962年)是沒有利用 Q- 突變技術。為了使測試距離增遠、精度提高、隨着激光技術的發展，例如採用了激光技術所特有的 Q- 突變技術，獲得了單一波型的、大功率輸出的強光脈沖，提高了測距性能。

#### I. 已實現的激光測距儀與激光雷達：

1. 來復槍式：重約 20 公斤、白晝晴天有效距離 11 公里，精確度 5 米，雨天測距為 5 公里，可用於戰地測距，已有定型產品。

2. 美國麻省理工學院與雷瑟恩公司合作在 1962 年 5 月 10 日晚上<sup>(1)</sup>，用輸出 50 焦耳的紅寶石光激射器向月球發射了 13 次激光脈沖，在 2.6 秒之後收到了 4 次由月球反射返回地面的激光脈沖。

3. 在 77°K 時碲化鎵光激射器，最高脈沖輸出功率為 100 瓦，可用來測距 1.6 公里。使用微型脈沖發生器及液氮發生器，其體積小至僅 130 立方厘米。

4. 使用 Q- 突變技術的輸出為 5 兆瓦的脈沖紅寶石激光測距儀<sup>(2)</sup>。目前在地面，白晝、晴天的條件下測距 26 公里，信噪比為 10 分貝。

5. 使用 Q- 突變技術的，輸出為 5 兆瓦的，脈沖紅寶石光激射器。利用 S-66 人造衛星上裝置的全反射式的合作目標，可跟蹤測距達 1000 公里。

6. 西屋防禦和空間中心(巴爾的摩城)空軍武器部建立起來的角跟蹤系統<sup>(3)</sup>。它由激光發射機和單脈沖光接收機組成。只要根據一個脈沖，它就能在視距範圍內測出目標相對於瞄準軸的方位角和仰角。

7. 斯坦福研究所研製的激光雷達<sup>(4)</sup>已能得到 6.9—7.6 兆瓦的脈沖峯值功率，脈沖寬度為 20—30 毫微秒(Q 調製器採用  $3 \times 10^4$ — $6 \times 10^4$  轉/分的旋轉稜鏡)。它能發現在它“視線”上的任何一個目標。目前還在運行。

#### II. 正在研製的激光測距儀與激光雷達：

1. 作用距离为 9 公里的空用测距仪。
2. 测量坦克、飞机、载人宇宙飞船及其他目标距离的激光测距仪。
3. 斯佩里·兰德公司电光分部正在探索一种利用光学外差法的实验激光雷达装置<sup>(5)(6)</sup>。它由三个光激励器串联组成。其中，一个是掺铈磷酸钙(或气体)连续光激励器，作为振荡器；一个是掺杂磷酸钙(或磷酸铍)脉冲光激励器，作为前置放大器；还有一个是掺铈的玻璃光激励器，作为脉冲功率放大器。其工作波长为 1.06 微米。输出功率为 10 瓦至 10 瓦范围。

当由目标反射回来的激光光束回到激光雷达接收机时，它将为一个不大的晶体管装置检测并被放大，这种装置的灵敏度足够收到功率不到十亿分之一( $10^{-9}$ )瓦的信号。

据称，这种装置将在火箭和人造卫星的地面跟踪站中用来跟踪高速、远距离的运动目标。

## 二、激光导航

以下几方面研究都有初步结果：

1. 导弹的导航。
2. 陀螺<sup>(7,8,9)</sup>用以测量激光光束路经的变化，以得出飞船的转速和转角，从而对飞船或导弹进行稳定和制导。它比机械陀螺优越，因为：①其输出是数字式的（而机械陀螺的输出是模拟式的），便于处理。②由于拍频易于计数和积累，因而可以在极短时间内读出角速度和角位移。③器件对线加速度、重力加速度以及振动不敏感，又没有复杂的机械部分，因而不受振动和噪音的影响。④造价低廉。
3. 光激励器旋转传感器<sup>(10,11,12)</sup> 能用以测定飞行器的转速，目前能检验的最小旋转为 3 度/小时，而且尚未发现阻止这个值降低到  $10^{-2}$  或  $10^{-3}$  度/小时的根本限制。
4. 确定导弹的飞行姿态<sup>(10)</sup>。
5. 空激光导航仪<sup>(10)</sup>可在 300 哩的高空以 1 米/秒的准确度确定地面速度。
6. 利用激光引导人造卫星

## 三、激光跟踪装置

这部份应用由于涉及军事技术，所以保密性很强，各国透露的数据与技术细节极少。

### I. 国外已实现的装置：

1. 珀肯-埃耳默公司<sup>(13,14,15)</sup>已完成一种用以跟踪飞行导弹的激光装置，可跟踪导弹达 20 公里。最近该公司又完成了一种光学定位测距仪的装置，可直接给出导弹的位置、速度、加速度的数据。
2. 洛克海达航空公司(Lockheed)<sup>(16)</sup>建成一种光学通讯与跟踪系统，它可在同一轨道上的 4 个双星座载人飞船之间通讯。
3. 据电子学杂志 36 卷 33 期第 16 页报道已有 64 公里的激光跟踪系统。
4. 美国国家航空和宇宙航行局<sup>(17)</sup>已经成功地用光激励器跟踪测距 1000 公里的“探险者” 22 号其误差在 3 米左右。

### II. 正在研究与探索的

1. 美国新墨西哥州空军克劳德克罗夫特(Clonderoft)观测站<sup>(18)</sup>准备做一台激光跟踪系统其范围为9600公里。而在160公里的距离内，其分辨本领大约为 $\frac{1}{3}$ 米。

优缺点：

前面提到的测距、导航、跟踪等，统称定位(英美等国称雷达)，只是根据用途和测量坐标的不同加以区分的。因此，在优缺点及存在问题方面基本相同。

优点：(1)因为波长短，可实现窄脉冲工作，因而鉴别率高，距离和方位精确度高，甚至可测出目标的尺寸及形状。并适用于近目标的定位(微波雷达不能)；

(2)光束窄，地面反射造成的低空盲区小，可用来发现低空目标；

(3)激光几乎是平行的狭窄光束，容易将不同方向而相距很近的目标分开，即分辨率很高。

缺点：

(1)目前用的固体器件效率尚很低，祇有0.8—8%

(2)由于光束很窄，难于探索、瞄准、截获、跟踪目标，特别是机动性大的目标，容易漏失；

(3)重复频率低，不适于快速目标的发现；

存在的问题：

(1)大气中的云雾、水滴对光波的衰减、吸收严重，需要寻找窗口(在大气或水中衰减和吸收小的光波波段)。

(2)提高脉冲重复频率和散热问题之间的矛盾；

(3)太阳光的影响及遮光问题；

(4)光束很窄，要实现空间扫描有困难，但目前正在发展位相阵列技术，有可能介决这一困难。

(5)光学精密伺服构件的研制与加工存在一定困难。

(6)激光雷达和微波雷达结合使用。

#### 四、激光通讯

I. 已有结果的：

1. 光频视距距离通讯——目前，以半导体GaAs二极管作光电话，在沙漠中的通讯距离已达188公里<sup>(19)</sup>。最大信息容量有12000个通道。其优点在于能以较小的功率将讯号传送很远的距离、信息容量极大、保密性强、抗干扰性强。这些都是无线电及微波通讯无法与之媲美的。但由于通讯是在大气中进行，大气的密度不均匀、散射、吸收、湍动以及云雾、烟、雨、雪、尘埃等都可能引起讯号的衰减、起伏、干扰、失真，甚至使通讯成为不可能。此外，由于光束狭窄，接收器与发射器的对准有困难。最后，这种通讯方式只能在视距距离内进行。

2. 光频电视传真——室内传送距离为80公尺。当天气晴朗时，户外的传送距离为3.2公里。最大信息容量可达8000万个通道。其优缺点与1.相同。

3. 中继站间距为50公里的20路电视。

II. 正在研究中的：

1. 重入通讯<sup>(10)</sup>——采用的激光光，能较好地解决由于宇宙飞船周围的电离气体(等离子

子体)所造成的无线电熄灭问题。红宝石光激光器的红光( $6943\text{\AA}$ )能穿透大气层的等离子区。

2. 海下通讯<sup>(20)</sup>——目前,利用  $\text{Nd}^{3+}$  激活的玻璃光激光器的辐射在某些物质上产生的非线性效应的二次谐波( $5300\text{\AA}$ ),来作两潜艇间的安全通讯。

在实验室内,以光谱中近于兰绿色的光,在8呎长的管中进行过实验。

苏联在远红外范围内,曾发现两个海水的电磁窗,波长约为39和41微米,因此研究工作的内容是找出能产生这种波长的工作物质。

3. 目前激光通讯设备已有可能进行  $10^8$ — $10^9$  公里的宇宙间通讯势能。以激光进行宇宙通讯,在适当的功率处,可进行几十光年距离的通讯。如能进行10光年距离的通讯,则可与类似太阳的许多星球相联系<sup>(21)</sup>。

### III. 准备进行研究的

1. 借地球卫星进行环球通讯——美国准备在西经  $142^\circ$ , 西经  $220^\circ$  和东经  $98^\circ$  的赤道上空3200公里处放三个与地球同步转动的卫星<sup>(22)</sup>。借助于卫星对激光的反射来实现环球通讯。每个卫星能通3000个电话通道。

用借助于地球卫星进行的通讯,若不在同步高度,则无论如何也有由运动和追踪问题所引起的不精确性。美国国家航空与空间管理局正打算建立一套有足够功率和带宽的陆地系统,去补偿大气折射和确定飞船位置上的微小偏差<sup>(12)</sup>。

2. 月球遍视<sup>(12)</sup>。

3. 宇宙飞船与地面的激光光通讯——美国准备在双子座计划中使用2400公里的砷化镓声音通讯体系<sup>(6)</sup>。

4. 远程直通式管道光频通讯<sup>(23,24)</sup>——能免除气候影响,并能突破“视距距离”的限制。已有人设计了1250公里的通信体系。

5. 光频地面中继通信线路<sup>(25)</sup>——其优点是投资很少、可节约大量的金属材料、失真小。

6. 美国通用精密实验室所研究出一种激光,用以提供更加清楚、更加明亮的电视图象,这种电视激光器还可用来对月球与行星的背太阳面,进行照相,并可用来探测黑暗中的物体。

7. 以激光进行立体声传真

## 五、激光武器

1. 达到死光武器的要求:

据估计,光激光器的输出能量达到  $10^7$ — $10^9$  焦耳,可以实现死光武器。它的威力相当于第一个原子弹的威力。

2. 目前已达到的光激光器输出能量水平:

目前已有71000焦耳输出的光激光器商品售出,估计国外实验室目前能达到的输出能量水平,将是几十万焦耳到百万焦耳的数量级。

3. 死光武器可用作防御手段,如反击洲际导弹、飞机、坦克等。有效作用距离估计可达50公里以上。

4. 优缺点:

光速比任何“炮弹”的速度都快，瞄准之后能精确的击中目标要害，是任何武器所不及的。但光束很窄不易瞄准和跟踪，目前已采用“光激射器位相列阵”技术，可使激射光束在 $1^\circ$ 角度内转动，进行扫描追踪。

此外要实现大能量输出的光激射武器尚有设备庞大，输入能量极高（电源电压将达数十万伏），极为危险，行动极不方便等等缺点。

#### 5. 存在的问题：

大气衰减，看来是实现死光武器最大的障碍，此外在这样大能量输出的水平时，用什么材料才能不使材料本身损坏也是一个问题。

## 六、在工业上的应用

### I. 打 孔

能在红宝石、青玉、金刚石等坚硬材料及铜、钛、铌、钽等难熔金属上打出5—150微米的小孔，历时仅数微秒至数毫秒。除圆孔外，还可以打畸形小孔。

可以之加工紧配合公差度盘、宝石轴承、钻石拉丝模、多孔的耐火金属（电子或离子枪的发射盘、微型固体电子学装置及用于宇宙飞船的高精度元件<sup>(26,27)</sup>。

### II. 切 割

以激光脉冲输出，一点点地穿透材料，即可进行切割。由于光点的尺寸极小，可切割出各种微小的复杂形状。现已可切割2毫米厚的钻石，半导体材料、速率每小时1吋左右<sup>(28)</sup>。

### III. 钎 接

可进行点焊与缝焊，焊点可以从0.005到2吋内调整。已成功地焊接了钼、钛、铌、钽等难熔金属及优质合金导线<sup>(29)</sup>，还可以焊接从前认为不能焊接的东西（如砖、石结构）<sup>(30)</sup>。精确控制能量，还可以将线路钎接于厚仅数微米的金属溅积薄膜上。

### IV. 优 点：

1. 打孔直径可小达数微米，切割亦极精细，为目前机械加工所无法完成。钎接可薄达数微米，亦为其他方法所不及；
2. 能加工极其坚硬的材料和难熔金属。加工简单、迅速、成本低、效率高；
3. 打孔精度较机械法高20倍<sup>(31)</sup>；切割割缝很小；
4. 加工后的工件光滑，附近变形微小，不必再进行机械加工；
5. 加工过程中，无外物接触工件，可使工件不受沾污，保持材料清洁；
6. 加工时间极短，不易产生各种化学反应，故材料结构无变化。

### V. 应用现状：

苏、美、英、法、日等国均有商品出售，已见诸报导者，已有十余种。大部装置均有自动控制、瞄准、传送设备，三种加工均可进行。

### VI. 激光蚀刻

在不能采用普通电机或光化学加工的情况下，可用激光进行蚀刻。如以之刻划度盘，其精度将高于目前的机械法和化学法很多。

## Ⅶ. 光譜分析

作为激发光源，能量高，光束細，可气化鈾、鈾等难于气化的材料，进行定量光譜分析。可用这一技术研究宇宙飞船受到各种高温的影响<sup>(32)</sup>。

## 七、在医学上的应用

### I. 已制出装置前有商品出售的：

#### 1. 鐳接視網膜<sup>(33)</sup>

已成功用聚焦光束鐳接脫落的視網膜。这是在医学上較为成熟和有效的应用。

优点：光点尺寸极小，不会影响眼球其余部份的細胞，操作時間較短，仅数毫秒，眼球不会轉动，不影响手术进行，且无痛苦感觉。

#### 2. 钻牙、钻骨<sup>(34)</sup>

可用激光代替鋼钻钻牙，去除腐齿，準確迅速。聚焦光束去除的面积較小較深，未聚焦光束去除面积較大。还可以在薄骨上钻孔。不发热，无痛苦感觉。

#### 4. 研究活細胞<sup>(35)</sup>

以激射光束研究活細胞产生的变化。

### Ⅱ. 尚在試驗中的

#### 1. 治疗癌症

已进行許多实验，証明激光对癌症有很大的破坏能力(70—100%)，表明激光有治疗癌症的可能，但目前尚未达到临床应用阶段<sup>(36)</sup>。

#### 2. 探测癌症

某些癌在激光照射下产生一种光譜，它与周圍組織的光譜有所不同。由于激光适用于有生組織，因此对癌症的探测特別有价值。

## 八、其他应用

(1) 在电子加速器中利用激光加热等离子体(光子热核反应)。<sup>(37)</sup>

(2) 光激射器可达到电場强度每厘米一亿伏，造成光压为每平方厘米一仟大气压。国外已建議用来作电子加速器，按现有可能性已可得到加速一亿电子伏特的电子。

(3) 以激光产生的光压校正人造卫星的軌道。

(4) 利用激光产生超声波：用激光冲击藍宝石可以获得頻率极高的强超声波。这种超声波在空气中的速度为一般声波的5倍以上<sup>(38)</sup>。

(5) 以激光产生的頻率作长度与時間的标准，可以之测量紅外与光学的波长<sup>(21)</sup>。

(6) 进行迈克耳逊—莫雷实验，檢驗宇宙中是否有以太存在，精度可以提高一个数量級<sup>(21)</sup>。

(7) 受激光束能够排列电子的自旋：研究高能物理人員常常需要产生一种高能基本粒子的极化束，来进行研究粒子相互作用的实验，这里所讲的极化作用系指使所有单个粒子的自旋沿着一个方向排列的意思<sup>(39)</sup>。

(8) 用光雷射器檢驗飞机在航空母艦上的降落实驗：美国馬里兰州的海軍航空試驗中心正在研究用光雷射器来檢驗飞机在航空母艦上的降落实驗。結果，气体光雷射器由于尺寸大、調节困难而未选用，二极管光雷射器由于在体积与輸出功率上有一个最佳的折衷而被选用。一架采用光雷射器的 TRODI 样飞机在制造中。

(9) 雷射光计算机；美国約翰·霍普金斯大学应用物理研究所研制出了一种受激光计算机，用它可以解算某些积分方程式，解算速度比目前普通所用的计算机要快 10 倍甚至 20 倍<sup>(40)</sup>。

(10) 用光雷射器提供的高强度、高濃度的单色光，存在着有选择性地激发所期望的特定分子振动的可能性，从而有希望促进某些选定的化学反应过程。

(11) 光雷射器不仅能用于鑑定化学物质的种类，而且能确其成份的分量。如可以区分苯和甲苯，如用其他分析方法，很难区别这二种成份。

利用光雷射器光谱术鑑定元素的优点是可以不管样品是否是导体，也不管这元素的原子序数如何，而且用来分析有机材料与用来分析无机材料一样容易。用光雷射器光谱术进行分析只需要若干分钟的时间，在連續控制系統中，受激光束連續地照射在諸如化学制品，銅、玻璃等产品的生产綫上。在光雷射器使微量材料蒸发时所产生的光用分光仪来分析。

(12) 用光雷射器进行生物分析：使普通雷射光光束通过显微鏡，可以在百分之一秒的时间內同时对任一材料中的十个或十个以上的元素含量进行分析。这种方法很可能在細胞內試驗及凝冻显微切片分析中得到应用<sup>(41)</sup>。

利用雷射光谱术可在数分钟的时间內分析人体組織內的納鈣化。

(13) 用光雷射器不仅可介决远紅外区域的开拓，而且由于它是十分单色的，如果找到能适当調节頻率的机构，就可以做出极高分辨能力的紅外吸收光谱装置。

(14) 利用激光的高程度和单色性，促进干涉学，精确成象和衍射研究<sup>(42)</sup>。

(15) 以激光制造衍射光栅。用最好的照相底片可以制出精致的光栅，用普通材料可制出粗糙光栅<sup>(42)</sup>。

(16) 将光雷射器射出的高度相干光应用于大型光学制品的生产檢驗和厚透鏡平行玻璃板以及稜鏡的鑑定<sup>(43)</sup>。

(17) 以激光进行精确測量，如檢驗雷达天綫的公差<sup>(44)</sup>，測量折射率，标定光学楔，檢驗光学元件和对极小物体照象<sup>(42)</sup>。

(18) 用毫微秒脈冲光雷射器配合 Schlieren 技术照相以研究等离子体和爆炸現象。

(19) 光学工艺公司制出了一种新型的带激光器的显微鏡，这种新型显微鏡可用于显微手术方面，用于燃燒显微取样方面，用于用光谱分析方法研究材料，及其蒸发现象等方面。

(20) 用作无透鏡摄影的雷射光注的相干光，有可能制成一类新式的专用摄影机，显微鏡和照相用的放大器，並且有助于制成一类新型的 X 射綫摄影机和电子显微鏡光仪。

(21) 用氦氖連續波气体光雷射器可以精确測量大陆迁移和地壳运动。

(22) 目前国外正在研究将光雷射器应用于繪制地图与大地測量。

(23) 利用激光陀螺，可作最灵敏的地震仪，可以期望至少灵敏度比比早期的其他种最灵

敏的地震仪提高十倍以上。

(24) 在地图测繪和无綫电傳真技术方面, 可用光激射器来測量高度, 並能极好地分辨照相底片上的綫和点, 以及測量那些綫和点之間的距离。

(25) 利用激光探测空气的湍源: 研究表明, 受激光束能探测高达 20 或 30 哩範圍內的大气湍源。

此外以激光照射一般已知的距离, 以激光被吸收的程度可測定湿气的含量<sup>(6)</sup>。类似装置可分析大气成份<sup>(42)</sup>。

从上面各部分介紹可以看出, 光激射器在各領域中的应用, 是具有极强的生命力的, 內容也是丰富多采的, 而我們限于水平及手头資料不足, 未能在本文中將最精采的东西进行介紹, 也无法进行全面的介紹, 甚至掛一漏万, 尚希讀者批評指正。

### 参 考 文 献

1. Electronic News Vol. 7, № 318 (1962) p. 1.
2. Electronic Design Vol. 11, № 5 (1963) p. 24.
3. Electronic Design Vol. 12, № 23, (1964) p. 27.
4. Electronic News Vol. 8, № 401 (1963).
5. Electronic World Vol. 71, № 6 (1964) p. 34.
6. Electronic Design Vol. 12, № 7 (1964), p. 16.
7. Electronic News Feb. 1 (1963), p. 27.
8. Electronics Feb. 8 (1963), p. 7.
9. Electronics Feb. 15 (1963), p. 7.
10. Aviat. Week Vol. 76, № 3.
11. M/R, Feb. 18 (1963), p. 28.
12. M/R, Vol. 14, № 22 (1964), p. 26—31.
13. Science News Letter Vol. 85, № 18 (1964), p. 281.
14. New Scientist Vol. 22, № 388 (1964), p. 220.
15. Electronics Vol. 36, № 49 (1963), p. 18.
16. Electronic News Vol. 9, № 423 (1964), p. 22.
17. 1964 年 12 月 12 日参考消息第四頁。
18. Electronics Vol. 36, № 33 (1963), p. 16.
19. Electronics, May 17, (1963), p. 8.
20. L. Dulberger, S. Vogel; Electronics Vol. 34, № 44 (1961), p. 40.
21. C. H. Townes, Advances in Quantum Electronics, edited by J. R. Singer, Columbia University Press, N. Y. 1961.
22. Electronic News Oct. 29 (1962).
23. B. M. Oliver Proc. IRE (1962), Feb. p. 135.
24. Leon Du Lberger an Sy Vogel Electronics (1961), Vol. 34 № 3.
25. Кенд Зарубежная радиотехника, (1960) 1, p. 135.
26. Enquist, R. D. Machinery, Vol. 69, № 5 (1962), p. 77.
27. Enquist, R. D., Metal Progress, Vol. 82, № 5 (1962), p. 66.
28. Electronic News, Vol. 9, № 422 (1964), p. 101.
29. Electronics, Vol. 37, № 2 (1964), p. 11.
30. Brit. Comm. & Electronics Vol. 10, № 12 (1963), p. 900.
31. Elect. Engng. Vol. 82, № 12 (1963), p. 743.
32. Enquist, R. D. Machinery, Vol. 69, № 5 (1962).
33. Dulberger. Vogel. S., Electronics, Vol. 34, № 47 (1961), p. 54.

34. Science News Letter Vol. 86, № 7 (1964), p. 105.

35. Electronic News, Vol. 7, № 351 (1962).

36. Electronic News. Vol. 9, №428 (1964), p. 1.

## 美国政府的光激光器研究投資概况

美国政府对光激光器工作现在仍給以强有力的促进,这一倾向,可望无限期地繼續下去。

美国政府的大部份投資似乎都化在发展光激光器成品上。基本研究虽仍得到軍事与航空部門的有力支持,但其重点似乎放在滿足特殊要求的研究項目上。

在成品研究計劃中,最多而又最保密的是有关武器、跟踪与通訊的研究。

大多数人估計,目前美国有400—500家公司、大学、实验室从事与发展光激光器有关的工作。許多单位与政府签订了合同或得到政府的补助。

由于政府的計劃許多和軍事工作有关,因而詳情很难得悉,但自若干情况估計,投資約較一年以前增加20%。

在政府的光激光器活动上,武器是最保密的一項。据某些消息說,这一領域最重要的計劃是远景研究計劃局所主办的研制有限燒透能力的激光武器。这一計劃,为期三年,总投資为800—1000万美元。此外,該局还投資,进行具有同样强度的十多种較寬光束的研究,以摧毁建筑。据可靠消息透露,研究中的光激光器全为脈冲式的,輸出大于100兆瓦。

休斯公司研制出的背負的激光測距仪現已用于西歐的一支陸軍部队中,其測距精度可达几吋,可測量坦克、地面目标或引导炮兵射击。

政府的計劃,使激光技术在三年內跃进了一大步。以林德公司为例;該公司为政府計劃研制出較好的紅宝石,其腐蝕坑位錯从10,000/厘米<sup>2</sup>降低至100/厘米<sup>2</sup>,其純度与最好的光学玻璃一样。其余的主要研究为預言高强度光武器的各种参量,并以实验来驗證理論。

許多关于激光武器的合同来自賴特·帕特森空軍基地的航空系統部,其中包括一个500,000美元的激光位相陣。

技术研究集团将在1964年12月将一台光激光器交付給位于新墨西哥州克劳德·克罗夫特空軍的卫星光学監視站。此一装置将为該站提供距离与距离率数据,可望于年底进行工作。

政府的兴趣主要在于跟踪、通訊、照明及通常需要高功率装置的范围內。由于目前紅宝石与其它的晶体的輸出較其它光激光器高,其兴趣集中在晶体上。

主要的光激光器生产者,如科拉德、技术研究集团与美国无线公司均从事于政府投資的紅宝石、石英、玻璃及其它工作物质的研究。有好些主要公司也进行气体光激光器研究。例如,技术研究集团即有两个研究气体光激光器稳定性的研究合同。該公司气体組負責人哥耳德說,經過这些研究后,不久即可以用气体光激光器进行1哩范围的測距,其精度在2毫米以內。最后还可以用气体光激光器进行星际距离測量,其精度优于 $1/10^8$ 。頻率控制和稳定性是达到这些目标的关键。气体光激光器的其它限制,包括功率与效率、每个波型的功率量,以及新的激射介质,也在研究之列。