

綜 合 評 述

美国的激光应用

W. H. Huntley, Jr.

1960年,美国第一次报道了红宝石激光器制造成功的消息。不到四年,红宝石激光器的工业产品已经制出,脉冲功率的数值已达几千兆瓦数量级。文献[1]谈到了美国激光实际应用成就的第一次报道,目前,关于激光的实际或设想应用的文章,已经达到可观的数目。下面谈一下美国激光应用的计划及实行这些计划的有关单位。

美国利用激光的计划。现代激光应用的范围非常广泛。按条件,它可以分为三方面。第一个方面:巨脉冲功率激光的应用。这种情况指的是激光在冶金和机械制造中的应用;第二是中等功率量子系统的应用,这种系统主要应用在通讯、定位、瞄准结构中;第三是小功率激光的应用,这种激光器用来作为精密光学仪器。

下面的表列举了在激光应用方面可能进行制造或研究工作的单位(由美国政府拨款进行研究)。这张表差不多是全面的,但也有些企业由于某些原因没有列入。

应用范围	单 位	应用范围	单 位
生物学和医学	弗吉尼亚医学院	定位、瞄准和 分辨系统	飞机军火公司
通讯	福特汽车公司 通用电气公司 通用电话与电子学公司 休斯飞机公司 约翰·霍普金斯大学 美国无线电公司 技术运转研究公司 技术研究集团公司 密西根大学 西屋电气公司		阿夫科公司 康达克特伦公司 电光系统公司 福特汽车公司 通用电话与电子学公司 通用电气公司 休斯飞机公司 伊索梅特公司 洛克希德电子学公司 明尼波里斯-昂纳威耳调准器 件公司
材料加工	美国光学公司 康达克特伦公司 国际商业机械公司 北美航空公司 珀肯·埃耳默公司 精密仪器公司 美国无线电公司 斯坦福研究所 斯坦福大学 密西根大学	光谱仪	俄亥俄州立大学 光学工艺公司 珀肯·埃耳默公司 美国无线电公司 雷瑟恩公司 斯珀里·兰德公司 斯坦福大学 技术研究集团公司 联合飞机公司 德顿大学
度量衡学	科耳斯曼仪器公司 斯珀里·兰德公司		哥伦比亚大学 国际商业机械公司 约翰·霍普金斯大学 坎萨斯州立大学 麻省理工学院 罗契斯特大学
照相	伊索梅特公司 斯坦福大学 密西根大学		焊接

在1960~1962年间，很多企业自己投资独立进行激光研究工作。而最近两三年的工作则由美国政府大量投资，而且这个总数在不断增加。1964年和1965年初拨给激光应用研究的经费数量等于对激光本身性质研究经费的数量。今后，在应用研究方面的投资数目将超过在纯科学性研究方面投资的相应数目。但是，这些方面是紧密联系的，很难在它们之间划出界限。因此只能把在应用方面和“大规模的研究”方面的投资数全部列出来。图1表示从1960年到1965年在这一科学领域里的投资增长情况（同样列出以后几年中的投资预算）。纵轴表示投资数(美元)，横轴是年代。

图2表示1965年政府拨给各部门的投资额情况。图中，1——拨给空军的投资额；2——拨给陆军的；3——拨给海军的；4——拨给国家航空与宇宙航行局的；5——拨给其他部门的。

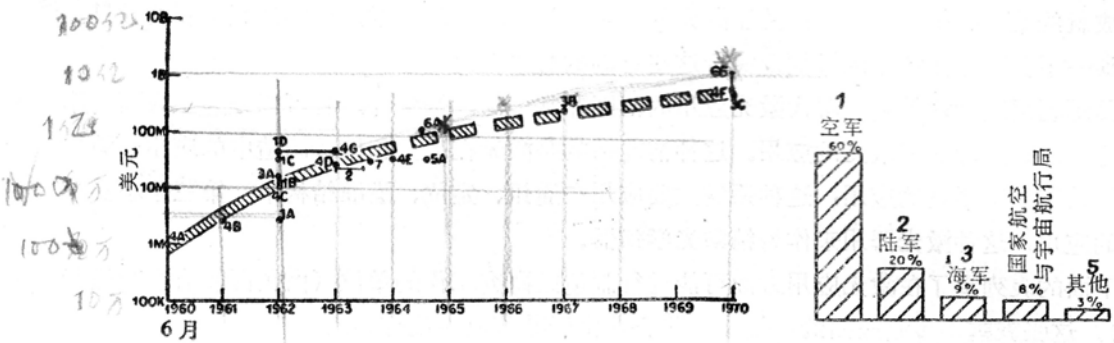


图1 K=千, M=百万, B=10亿 图2

从1964年开始拨给国家航空与宇宙航行局的数目增加了，而拨给军事主管机关的数目相应地减少了。在不久的将来，国家航空与宇宙航行局将比陆军或海军花费的资金更多。基本上国家航空与宇宙航行局的资金用于应用工作方面，海军——“大规模的研究工作”方面；陆军和空军虽然有优先用于应用工作方面的趋势，但两方面都有投资。

生产医疗器具、冶金、通讯系统等装置中的激光器的收入，是那些没有得到政府投资额的项目的资金来源。

激光技术进展。讲到激光的那些评述，圆满地回答了从实用的观点向激光所提出的要求。

空间相干性。辐射的相干性有空间的或者时间的，在无限小的体积中有一个源，它可以在空间引起相干辐射。星体以及某些类型的激光器是理想的空间相干辐射源。以He-Ne混合气体激光器作为例子^[3]。大功率激光器工作一般有很多振荡方式，并且每个单独的振荡方式之间很少甚至没有位相关性。这样的激光器不具有高度空间相干性，并且把它们当作最大尺寸的辐射源。如果用透镜系统作为平行光管，那么在遥远的区域里空间相干辐射源的方向线图的宽度由下面的关系确定：

$$\theta \approx \frac{2\lambda}{D} \tag{1}$$

式中， λ ——波长； D ——辐射区域的直径(这里指透镜系统)。如果辐射源不是空间相干的，

那末

$$\theta \approx \frac{2\lambda}{D} + \frac{2a}{f} \quad (2)$$

式中 d ——辐射源的有效直径， f ——透镜的焦距。如果附加项的值不是太小，要保证方向图的最小宽度是十分复杂的问题。在此情况下，如果空间相干性以要求辐射强度有很高密度作为不存在的条件，这是一个极严重的缺点。文献[4]表明，气体激光器的辐射强度(它的输出讯号功率等于5兆瓦)可以超过相应的最大白炽功率灯的 10^4 倍。换句话说，空间相干源的辐射强度和非空间相干源的辐射强度值分别为(I_{d1})和(I_i)，可以用下面的公式计算：

$$I_i = I_{d1} \left(0.49 \frac{\lambda^2}{d^2} \right) \quad (3)$$

由此可见，当 $d \gg \lambda$ 时，非相干源辐射强度的减小是非常可观的。对于大多数的激光器，辐射源的有效直径大小等于理想空间相干源和完全不相干源之间的间隔大小，而此源又与激光器的输出窗口的大小相当。可惜，由于大功率激光器的制造者们没有充分注意到仪器的这个特性，因此也就不可能预先确定激光束的方向图的宽度。尽管在仪器的说明书里指出了方位图的宽度值，但是它并不是按空间相干程度来确定，而是由仪器的几何形状来确定的。如果在仪器的说明书里所指出的值不等于由方程(1)所确定的 θ 值，就不可能当作激光束的准直的量度。

时间相干性是与仪器工作频率的稳定性相联系的。如果它所有调谐的频率和位相不随时间而改变，那末讯号是随时间而相干的。如果相干源的辐射分解并沿着两个不同长度的光路辐射，然后再混合起来，其结果则产生一个确定的相干图形。当有程差时，这个干涉图形消失，这个程差值就是时间相干性的量度。几种不同的激发方式、噪声和其他的干扰使得大多数激光器的这个值不超过几厘米。对单次激发的情况来说，这个值可达到约600米以上。在干涉量度以及多普勒定位系统中，讯号的时间相干性是非常重要的。

功率和能量。当前激光器输出讯号最大功率值的全部资料不可能在这里一一列举，因为激光器通常作为军事应用，其数据是保密的。但是利用公开的资料可以得到关于这方面进展情况的报告。图3列出了1960~1965年间激光输出能量增加的曲线图。

图4列出类似的曲线，但是所讲的是同时期中关于输出的功率。

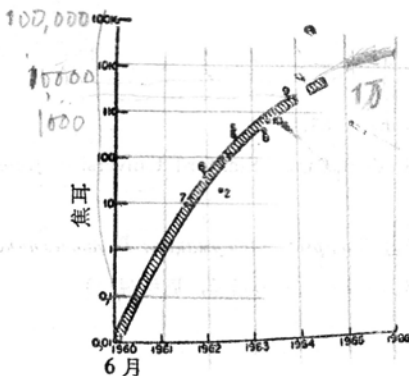


图3 K=千

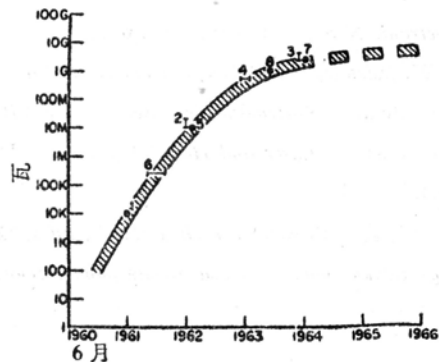


图4 K=千, M=百万, G=10亿

由这些曲线图可以看出，最近两年中，由于受激活物质击穿的限制，激光输出功率的最大值，近乎停在同一水平：当功率密度为 10^9 瓦/厘米²，大多数工作物质都被击坏，而由于很多原因，制备较大直径的棒是困难的。脉冲和连续工作气体激光器的输出最大功率的增加量绘成图 5。

值得注意的是，当输出功率为 18 瓦数量级时，气体激光器开始破坏，而当能量密度值不超过 10^7 瓦/厘米²时，电介质反射镜就被破坏。

激光器的工作频率由所用的激活材料的种类来决定，激光器中激活物质种类不断增加，以图 6 说明，纵轴表出激活物质的种数。但是，目前因为借助于激光使其频率混合以及谐波分离，所列举的资料没有多大的价值。

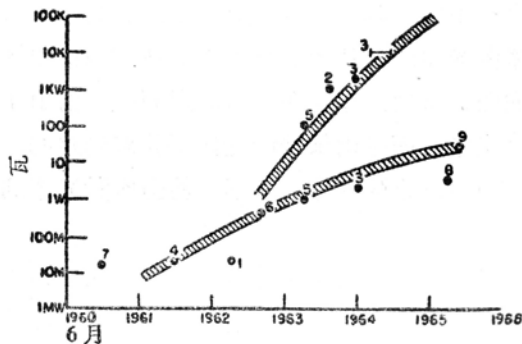


图 5 MW=毫瓦, W=瓦, K=千

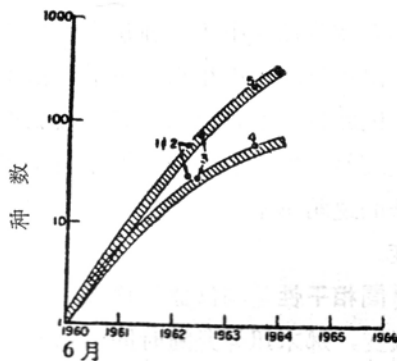


图 6

大多数激光器的效率很低（典型数据在 0.001~1% 的范围）。半导体激光器是例外，它们的效率可达 30% 甚至高一些，但是效率值为 1% 也算是典型的。

参 考 文 献

- [1] *Iron Age*, Feb. 18, 1965.
- [2] *Electronic News*, March 16, 1964, p. 50.
- [3] D. W. Jackson, *WESCON, Session 13, Paper 2*, Aug., 1965.
- [4] R. C. Rempel, *Spectra-Physic Laser Technical Bulletin*, № 1, June, 1963.
- [5] J. R. Cartar, "Laser and How They Grew", Unpublished Student Paper, Stanford University, June, 1964.

原载 "WESCON Tech. Papers", 1965, №6, 13/4, 转译自 *Экспресс-информация: Радиотехника сверхвысоких частот и квантовая радиотехника*, 1966, № 3, 18-25 (陈彩廷译, 周稳观校)