

光散射器的应用

光·激·射·器·的·应·用

目 录

科学与技术中的光激光器	1
激光应用	8
光激光器在工业方面的应用	19
光激光器在加工方面的应用	32
用光激光器测量	43
光激光器在光学机械方面的应用	48
光激光器在仪器上的应用	59
用于互连微型电子学元件的激光焊接	80
光学计算机研究进展	88
光激光器在照相方面的某些应用	119
红宝石光激光器在高速照相术方面的应用	125
以氦-氖光激光器作 3.39 微米量子计数器	129
光激光器在空间探索和空间技术上的几种应用	138
广义相对论的验证	149
光激光器在天文学上的应用	154
光激光器在实验细胞学上的应用	158
激光在医学方面的应用	162
眼组织的激光凝固	165
激光的外科应用	175
光激光器的应用(综述)	187

簡 訊 九 則

激光引起聚合反应(18) 超視綫激光通信系統(47) 激光分析液体(58)
導彈的激光制導(58) 激光測量空氣和液體的流動(118) 激光送話器試
驗(127) 激光地形測繪儀(132) 以光激光器探測雲層(148) 激光光度
計(186)

目 录

科学与技术中的光激光器	1
激光应用	8
光激光器在工业方面的应用	19
光激光器在加工方面的应用	32
用光激光器测量	43
光激光器在光学机械方面的应用	48
光激光器在仪器上的应用	59
用于互连微型电子学元件的激光焊接	80
光学计算机研究进展	88
光激光器在照相方面的某些应用	119
红宝石光激光器在高速照相术方面的应用	125
以氦-氖光激光器作 3.39 微米量子计数器	129
光激光器在空间探索和空间技术上的几种应用	138
广义相对论的验证	149
光激光器在天文学上的应用	154
光激光器在实验细胞学上的应用	158
激光在医学方面的应用	162
眼组织的激光凝固	165
激光的外科应用	175
光激光器的应用(综述)	187

簡 訊 九 則

激光引起聚合反应(18) 超視綫激光通信系統(47) 激光分析液体(58)
導彈的激光制導(58) 激光測量空氣和液體的流動(118) 激光送話器試
驗(127) 激光地形測繪儀(132) 以光激光器探測雲層(148) 激光光度
計(186)

科学与技术中的光激励器

G. C. Dacey

控制光波上的进展将在科学与技术上重大的应用

光波在科学与技术上应用的历史几乎和科学本身同样久远。光学的许多定律在牛顿时代已经发现了，在我们周围可以看到光学提供的许多仪器。例如望远镜和显微镜就是人们用以研究其所生存的宇宙时可用的最强有力的工具。

但是，最近随着光激励器的发明，光学中又增加了一条新的途径，因为光激励器能控制光波，如同以前在控制波谱上射频或微波部分的较低频率的电磁辐射一样，并同样成熟。这个器件，首先是由 Schawlow 和 Townes^[1] 提出的，实验上第一次发现只有一年多^[2]。但是，这领域中的进展异常迅速，目前已经可以比较肯定地说，这种器件在许多科学技术领域中 will 得到广泛的应用。

历史概况

人类运用电磁波的历史就是一部将频率范围不断向上扩展的历史，无线电广播的广泛应用，更近一些还有电视的广泛应用，对频率范围提出日益增长的要求，因而更增加了向更高频率扩展的动力。但是应用以线圈，电容器等等来组成谐振回路的标准技术，频率愈来愈高，愈来愈无法应用，因为共振器太小，制造起来极为困难。为解决这个困难，找到过许多巧妙的方法，但是，直到 1951 年 C. H. Townes 才提出了一个方法，使物质的原子与分子内的天然谐振器发挥了作用后才得到解决。他把这个发明称为微波激励器 (maser)，这是“由辐射的受激发射产生微波放大”的简称。

第一台工作的微波激励器，1954 年 Gordon, Zeiger 及 Townes 作了描述。他们使氨气体分子束通过一个调谐在 $24,000$ 兆周/秒的微波谐振腔。这个频率相当于氨分子的一个自然共振频率，因而给出了一个非常精确的频率。实际上，氨分子束微波激励器的主要应用还是用作频率标准。

在1956年, Bloembergen^[4] 建議使用固态晶体,而这种类型的微波激光器在1957年为 Scovil, Fehér 与 Seidel^[5] 所发现,从那个时候以来,在这领域中的許多工作人員已經发现了許多各种各样的微波激光器,可是,所有这些器件都是在波譜的微波部分工作的。

1958年, Schawlow 和 Townes 叙述了一种方法,可以将微波激光的原理推广到电磁波譜的光頻部分,去年从实验上验证了这个建議,从这个时候开始,这个領域确实成为一个有飞跃进展的領域。目前已有几种不同固体材料,如紅宝石,掺釔的氟化鈣,掺鈾的氟化鈣的光激光器。Javan, Bennett 与 Herriott^[6] 最近还利用了一具氦-氖气体系統,获得了連續工作的紅外光激光器。

工 作 原 理

因为光激光器是一种較新的器件,此处对其工作原理作一个簡短的介绍,作为以下各节介绍各种应用时的一个引子。如上所述,光激光器的工作依靠将原子用作天然的諧振器。原子系統的光学性能,可用能量的量子化(或原子可以具有的能級)予以描述。在热平衡下,原子通常占有最低能級,吸收了能量就升至較高能級,由此“激发态”可发射光而返至較低能級,这就是大家所熟悉的荧光现象中所发生的事件經過。将原子汲升至較高能級所必需提供的能量,可轉而来自吸收一个适当頻率的光量子,光量子的頻率相应于原子中两可能能級之間的能量差。

在荧光现象中,所吸收的光頻率一般高于所发射的光,还有,光的发射絕大部份发生在“自发发射”的过程中,自发发射的光在方向和相位上是杂乱的。

可是,光激光器应用了另一种发射方式——原子是受激而发射光的,发出的光,相位相同,方向相同,是原子所在介质的发射頻率的駐波。这种过程称为“受激发射”,如介质中較多的原子位于两能量状态中高的能量状态上,就有可能由受激发射过程,将頻率适当的通过介质的光波予以放大。这种情况示于图1。如果提供反饋的途徑,則除了放大以外,这种类型的介质可用以产生相干光振蕩。Schawlow 和 Townes 所提供的特种反饋装置示于图2。在这装置中,安置两个平行的同軸反射鏡,使光波沿軸进行,并在两鏡之間有放大作用的介质中往返,以建立一个相干光駐波。向其他方向进行的光波,不久就离开反射鏡而散失,这种法卜利-珀罗型的結構因而就用作振蕩器的共振腔。如果其中一面鏡子部分鍍銀,光能以高度方向性、相干、高强度、較单色的光束出現,这四种性质使光激光器在各种可能的应用中具有强大吸引力。

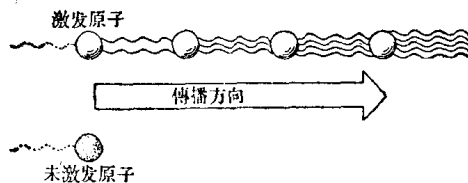


图 1 受激发射光波的增长。光波以相同的频率射在激发的原子上,强迫原子“参加”原来的发射。而未激发的原子吸收了光波,使发射停止

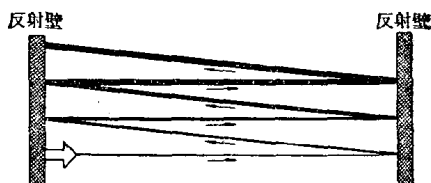


图 2 光激光器装置,当光波在反射壁間往返时就“增长”起来(为了清楚起见,纵向尺寸大大地夸大了)

光激光器的状况

在現時,在許多物质中都出現了受激光发射現象,其中某一些对某些应用有吸引力,而某一些对另外的应用有吸引力,表 1 汇总了在本文写作时已存在

表 1 已有各种光激光器系統的性质

类 型	目前的工作方式	工作頻率 (10^{14} 周/秒)	工作温度 ($^{\circ}\text{K}$)	激励方法	輸出功率 (瓦)	輸出譜綫 寬度比 $\Delta\nu/\nu$
固 体						
$\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$	脉 冲 式	4.320	300	光	10^4	7×10^{-6}
$\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$	脉 冲 式	4.282	77	光		
$\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$	脉 冲 式	4.261	77	光		
$\text{CaF}_2:\text{Sm}$	脉 冲 式	4.21	77	光	10^3	10^{-6}
$\text{CaF}_2:\text{U}$	脉 冲 式	1.21	4	光		
$\text{BaF}_2:\text{U}$	脉 冲 式	1.15	4	光		
气 体						
$\text{He}+\text{Ne}$	連 續	2.683	300	气体放电	0.01	$<10^{-13}$
$\text{He}+\text{Ne}$	連 續	2.601	300	气体放电	0.01	$<10^{-13}$
$\text{He}+\text{Ne}$	連 續	2.586	300	气体放电	0.01	$<10^{-13}$
$\text{He}+\text{Ne}$	連 續	2.502	300	气体放电	0.01	$<10^{-13}$
$\text{He}+\text{Ne}$	連 續	2.485	300	气体放电	0.01	$<10^{-13}$

原
书
缺
页

表 2 光雷射器的各种可能应用

(按照关系最密切的性质加以区分)

应 用	
科 学	技 术
能 量 密 度	
喇曼光谱	熔化耐熔物质
非綫性光学	焊接与切割
光化学	照相
光谱光源效应	眼科应用
生物学研究	
相 干 性	
超亮度	通信
相互调制	超外差技术
	长距离干涉测量
单 色 性	
光谱研究	选择性信号
选择性光化学作用	
相对論	
方 向 性	
超强度聚焦	宇宙通信
	雷达(光雷达)
頻 率	
紅外光谱	載波通信

首先談到的性质是能量密度，紅宝石光雷射器的光束已以几十千瓦的峰值功率(在脉冲持續時間 1 毫秒下获得)进行工作，因为光束是相干并有方向性的，它可以用一个小透镜聚焦为极小的光斑。这样就可以在聚焦光斑內取得大于 10^{10} 瓦/厘米² 的能量密度，如此巨大的能量密度过去在實驗室中是无法得到的，因而就可能有各种各样的应用，其中一些应用已列于表 2。

Porto 与 Wood^[8] 用紅宝石激光光束作为喇曼光源，并且观察了苯的喇曼光谱，可以预期随着激光技术的不断发展，喇曼光谱学也可以有許多其他应用。

Franken, Hill, Peters 与 Weinreich^[9] 用了一个聚焦的紅宝石激光光束借产生激发光頻的二次諧波，証实了石英的一些非綫性介电效应，也許可以有理由說，在这些实验中所观察到的非綫性效应只是目前得到了强光源后所能

观察到的电磁辐射和物质的新相互作用的第一批，例如还可以产生新的光化学反应，及辐射和生物物质相互作用的新效应。

聚焦光束所得到的高能量密度还可以用于熔化难熔材料，焊接及精密加工等方面。

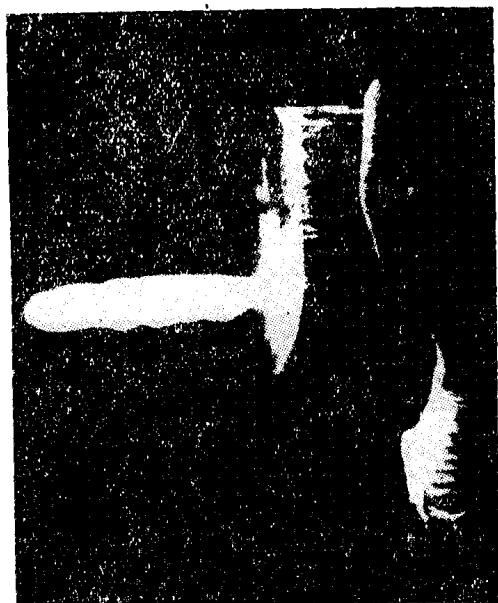


图3 红宝石激光光束射在碳棒上，在焦点射出发光的碳蒸气气流，碳棒直径约1厘米

在 W. S. Boyle 的实验中(未公布)，在激光光束的焦点处可以气化一小碳块。图3就表示出实验的结果。可以看到，从碳棒的一端出现发光的碳蒸气气流。检查碳棒，发现有直径为0.001吋的锥形坑，这种过程在制造微型结构时(例如制造挤压纺织纤维的喷丝头)，可以和电子束加工媲美。

聚焦的激光光源还可当作高亮度的光源，J.S. Courtney-Pratt^[10] 将它用于高速显微照相。应用了聚焦的红宝石激光光束，他成功地得到放大倍数1800×，曝光时间1/2000

秒的显微照相。但这不意味着这门技术所能达到的极限。

在一些眼科实验室中做了一些初步实验，实验说明红宝石光激光器可在某些眼病(例如视网膜剥离)上用作“光凝固器”。在这应用中，光束聚焦在网膜所要治疗的点上，它起的主要作用是产生一个微小的点焊。还需要指出目前在进行研究以确定激光光束在组织上可能引起的病理效应。无论如何，相干光在医疗上可以和光在较低频率上的应用，例如透热疗法相比。

其次我们来谈谈相干和单色性质。当激光光束通过双缝衍射系统时，得到了理论预期的衍射图样^[11]。这证明激光光束确实是相干的。激光振荡器中的负反馈，使所发射辐射的谱线变窄，因而产生了极端单色性的输出，在气体光激光器中，Javan^[6, 12] 估计谱线宽度可能实际上只有几个周/秒(亦即谱线宽度比只有 10^{14} 之几)。

如此高强度相干光源的出现，就有可能在光汲升方面作一些新而有趣的实验，例如对 Dicke^[13] 所提出的被相干地激发的系统(所谓“超亮度”状态)的

性能問題就能直接驗證,還有,光頻可得到相干輻射,就意味在無線電中非常有用的超外差技術,在光頻區域也能應用,高度相干的光束還使在極長的距離上(甚至可達1哩)能用干涉法測量長度。還有人提出用這種方法驗證相對論,這種方法比以往任何一種方法都靈敏得多。

在光譜學方面,可能發生極大的影響。如此高度單色性光譜源終究是前所未有的。還有,光激射器能構成比以往強得多的紅外輻射光源。為了從一個灼熱的物體上得到強度可與紅寶石光激射器比擬的光束(在同樣的發射立體角與同樣的譜綫寬度內)光源就必須比太陽熱上二千萬倍。

光激射器是一種非常新的器件,這個領域是個飛躍進展的領域,要預言其全部結果還嫌為時過早。本文只介紹其中極少數的應用,至於其他的應用,希望讀者參考有關的各學科。

参 考 文 献

- [1] A. L. Schawlow and C. H. Townes, Phys. Rev. 112, 1940 (1958).
- [2] T. H. Maiman, Nature 187, 493 (1960); R. J. Collins, D. F. Nelson, A. L. Schawlow, W. L. Bond, C. G. B. Garrett, W. K. Kaiser, Phys. Rev. Letters 5, 303 (1960).
- [3] J. P. Gordon, H. J. Zeiger, C. H. Townes, Phys. Rev. 95, 282 (1954).
- [4] N. Bloembergen. *ibid.* 104, 324 (1956).
- [5] H. E. J. Scovil, G. Feher, H. Seidel, *ibid.* 105, 762 (1957).
- [6] A. Javan, W. R. Bennett, Jr., D. R. Herriott, Phys. Rev. Letters 6, 106 (1961).
- [7] I. P. Kaminow, *ibid.* 6, 528 (1961).
- [8] S. P. Porto and D. L. Wood, J. Opt. Soc. Am., in Press.
- [9] P. A. Franken, A. E. Hill, C. W. Peters, G. Weinreich, Phys. Rev. Letters 7, 118 (1961).
- [10] J. S. Courtney-Pratt, Bell Labs. Record (Apr. 1961).
- [11] D. F. Nelson and R. J. Collins, J. Appl. Phys. 32, 739 (1961).
- [12] According to Javan (private communication), subsequent evidence indicates a narrower line than was at first indicated.
- [13] R. H. Dicke, Phys. Rev. 93, 99, (1954).

原載《Science》, Vol. 135, No. 3497 (1962) pp. 71~74.

柯 易譯

激光应用

M. L. Stitch

引言

光激光器工作的原理在 Maiman、Javan 和 Lax 等的文章中已有所介绍, 在此我们设想读者已熟悉了光激光器的工作性能, 而只简单地叙述现有的应用并预测其将来能有什么应用。从激光的显著特性将有关的应用进行分类是一种比较妥善的方法。在进入正题之前, 我们先对光激光器作某些一般的考察。

特别当用作大功率或高能量器件时, 光激光器的效率很低, 于采用快速释放储能方式或 Q 开关作极高功率输出的器件时, 效率在 $0.1\% \sim 0.2\%$; 作为高能量转换器件时, 效率可达 $3\% \sim 4\%$ 。效率达百分之几十的半导体注入式光激光器目前还是低功率器件, 最好情况下所测得的功率也不过是瓦数量级, 并以窄的细长条形式的花样辐射。

当然, 效率相当低就排除了将光激光器用作大面积辐射加热或普通照明用的能量器件。

然而, 光激光器在光频区域具有某些独特的特性。如它的亮度、横向相干性(空间相干性)与纵向相干性(时间相干性)。

从星球发出的光到达地球, 有很强的空间相干性, 波前是平坦的, 其上各处的瞬时相位相同。然而, 时间相干性很差, 沿传播方向相隔几厘米或十分之几毫微秒的二个波前之间在相位上没有关系; 如不用频率鉴别方法, 在此路程差上无法形成干涉条纹。如果这种星球的亮度与太阳相当, 它辐射约 $2,000$ 瓦/厘米² 立体角, 但由于任何星球对地球所张的立体角都很小, 故地面上的照度是很微弱的。即使是太阳在大气层外的照度也只近似为 0.14 瓦/厘米²。然而已发表过由光激光器输出而未经聚焦的脉冲式激光的能流密度曾为几百兆瓦/厘米² [1]。而且曾有报道, 气体光激光器的频带极窄, 以致在几千英里的长度内都可能相干 [2]。在空间相干性方面气体光激光器和某些选择波型的固体光激光器实质上已达到了发射仅受衍射的限制 [3, 4]。

我們將討論一些已取得的或正在研究的应用,以及未来应用的明显方向,讀者将会感到激光技术起着很重要的作用。

亮度的应用

就在第一个光激光器才发明时,亮度为每单位发射面积单位立体角几瓦已非常令人吃惊。由于采用了 Q 开关技术^[6],輸出功率又增加了好几个数量級。

效率較低而亮度很高的光源显然可应用于很短時間內的脉冲照明。如果輻射发生在快速灵敏探测器所存在的頻率区域,并且頻寬足够窄,就能借助于窄带滤光片,对本底噪声进行鉴别。选它作雷达型的测距仪是最合适的。

测 距 仪

这种想法已导致休斯航空公司及其他公司設計了激光测距仪^[6,7]。相信激光测距仪* 将会是第一个在野外对非合作目标进行测距的器件。

早期的测距仪装置是采用照相法比較双綫示波器上所显示的发射和接收扫迹之間的时间滯后来测量距离的。 Q 开关的发明以它的单次高功率激光脉冲揭开了测距装置新的一章。現在发射脉冲信号接通晶体控制計数器,而返回信号則使計数器停止,其結果以数字輸出。因为发射能量只需几十毫焦耳,即使是低效率的激光装置也可做到重量很輕。 Q 开关技术产生毫微秒脉冲,所以对完成近到几米的精密测距不会感到困难。

光激光器的輸出光束可以通过类似将望远镜倒置的光学系統予以加工处理。这种系統具有保持亮度不变的性能,这就意味着发射光束的发散度与其直徑(由出射光孔直徑决定)的乘积保持常数。若激光光束发散甚至比衍射极限差上10倍,則四吋透鏡就可以使发散的激光光束趋近于100微弧度的发散度,相当于每英里扩散6吋。最近发表的选择波型的工作表明^[4],从固体光激光器可以得到仅受衍射限制的发射光束,这就意味着进入了大气紊流与大气衍射成为限制因素的境地。

小型携带式数字直讀激光测距系統具有明显的优越性。休斯公司已出售小型的II型激光测距仪(見图1),它可对非合作的地面目标进行10英里的

* 原文为 Colidar, 为 Coherent Light Detecting and Ranging 之簡写, 意为相干光探测与测距。——校者注

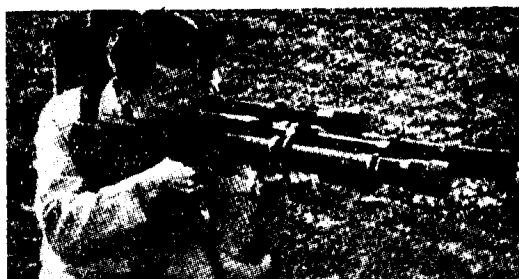


图1 休斯 II 型激光测距仪

测距,精确度 ± 5 米。Raytheon, RCA, Autonetics, Ft. Monmouth 和 Frankford 兵工厂等公司也宣称类似的器件正在生产中。

大 气 的 限 制

应用光学技术时常提到大气条件问题。与大气环境无关是微波雷达很吸引人的特点。评价激光测距仪用途的方法是考虑目标的能见度问题。这是一个很复杂的问题,取决于眼睛对黑暗的适应性、照明的性质、目标的大小和颜色以及目标能否辨认与闪烁点光源能否察觉等因素。

考虑一个距离激光测距仪 2,000 米远、反射率为 10% 的目标,激光测距仪的接收望远镜附有 7.5 厘米(3 吋)的物镜。若大气条件很差,在 2,000 米的距离中只透过 1% 的光,则在每一次往返中将发生衰减。在这样的条件下,典型的 100 毫焦耳的红宝石可携式系统的激光光束将供给返回的光子将近 1,000 个,在最灵敏的光阴极表面上约产生 25 个光电子。甚至在虚设的阈值下,这也是一种足够强的信号,使探测几率达 99.9% 强。

另一方面,眼睛对衬度的察觉和衬度由于大气的衰减而降低,以致在上述条件下,对黑体的衬度只为 1%,这几乎不能分辨了^[8]。当然,对于灰体衬度更小,物体已完全不能分辨。在能见度这样差的条件下采用激光测距系统比目视观察会更好些。与微波雷达相比,它的主要优点,除了天线尺寸的微小以外,乃是光束的准直性和方向性。典型的情况已达到几分之一毫弧度。

空 間 跟 踪

云层有较大透射率及大气密度随高度迅速减少使得人们对地面基地的空间定向系统发生兴趣。若采用高重复率的 Q 开关技术光激射器,在靶的射程、速率及角坐标等方面的高精密跟踪就成为可能。它与雷达比较是有好处的。

从漫反射有效截面为 σ 的远处目标返回訊号由下式给出

$$P_r = K \frac{P_t}{S^2 \lambda^2} \frac{D_t^2 A_r \sigma}{R^4} \quad (1a)$$

其中 P_t , 发射功率; S , 实际光束宽度与仅受衍射限制的光束宽度之比; D_t , 发送“天綫”或透鏡的口徑; A_r , 接收截面; λ , 波长; K , 与反射性质有关的量。

若返回信号以光子数表示, 則

$$n_r = \frac{K}{h\nu} \left(\frac{P_t}{S^2 \lambda} D_t^2 \right) \frac{A_r \sigma}{R^4} \quad (1b)$$

因为当采用灵敏接收器时, 最小可探测度是几个光子, 故(1b)式括号內的量是发射器的品质因素。这表明减小 λ 可使品质因素提高, 从而可以大大减小发射器天綫的口徑。

表 1 给出了二种系统的比較。由于选择波型技术可以获得仅受衍射限制的发射, 故这种光激励器的品质因素可增加 100 倍。

表 1 典型的地面雷达和激光测距系统发射器的品质因素

系 統	发射器的品质因素 $P_t D^2 / S^2 \lambda$
采用孔徑 1 米和峰值功率 200 千瓦的 X 带雷达	7×10^8
孔徑 3 厘米和峰值功率 1 兆瓦的 II 型激光测距仪	13×10^8

在美国国家航空和宇宙航行局 H. H. Plotkin 指导下的 S-66 激光跟踪人造卫星实验^[9]是激光在空間定向测距和跟踪系统方面的一个例子*。这个系统采用了近 5 兆瓦的脉冲, 其重复频率为每秒 1 次。由于人造卫星是带有向后反射鏡的合作目标, 故当采用 10 吋望远镜作为接收天綫时, 在 1500 公里的范围内具有很强的返回訊号。当然, 这是一种早期的方案, 毫无疑问一定存在很多問題。

材 料 加 工

微型加工与冶金領域也是和激光的高亮度有关的一种截然不同的应用。容易証明, 当激光通过直徑为 d , 焦距 f (相应的 f 数由 $f/d = (F_*)$ 决定)

* 第一次試驗, 因 S-66 人造卫星墜海而告失敗, 65 年有报导, 对探險者 XXII, (即 S-66 B) 人造卫星跟踪成功——譯校者注

的光学系統时,在焦面上的能流密度由下式給出

$$\text{能流密度} = \frac{\pi}{4} B / (F^{\#})^2 \quad (2a)$$

亦可写成

$$= K_1 \frac{P}{S^2 \lambda^2} \frac{1}{(F^{\#})^2} \quad (2b)$$

其中 B 是亮度, S 是实际光束发散度与仅受衍射限制的光束发散度之比, P 是激光功率, K_1 是常数 (它的数值取决于光束的发散度如何定义, 近似等于 0.2)。

正如 C. H. Townes 最近所指出的^[10], 激光用显微镜聚焦后可达 10^{14} 瓦/厘米²。这个数值差不多比太阳表面的輻射密度大 10^{10} 倍。利用激光对刀片打孔的无数次試驗表明, 即使最好的耐熔材料, 紅宝石光激射器的能流密度也足够使之熔化或蒸发。最近的工作表明^[11], 光激射器具有不須与試样接触, 在毫秒或更少的時間内, 在最好的耐火材料上打出小孔的性能。可以利用这种性能完成一些工作。也許目前还不甚經濟, 但至少是独一无二的。

它能为拉絲或紡絲模用的金剛石或藍寶石打小孔; 也能制造具有許多小孔或固定漏孔的多孔耐高溫金属膜, 或者調整音叉的音調及平衡飞輪等等 (見文献^[12] 图 2)。

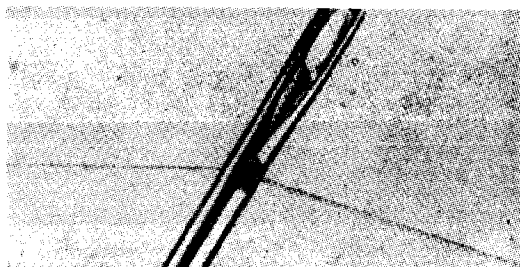


图 2 打穿的孔在針眼下面, 孔中穿着一根人发

光激射器可以用来进行焊接, 此时所要求的能流密度比使工件蒸发的要小。D. Buddenhagen^[11] 在指出目前脉冲光激射器可用于点焊时, 叙述了以下的优点: 无电极或不要求接触; 周圍区域的热损失可以忽略; 可以在空气或在控制气氛中焊接; 焊接材料的范围較广或可以采用很小的材料 (見文献^[12] 图 3)。

这种焊接技术还推广到医疗領域, 将剥离的視网膜进行“点焊”已經是众所周知的了。激光光束还可以用来毀坏血管肿瘤。手术极快使病人不会害怕

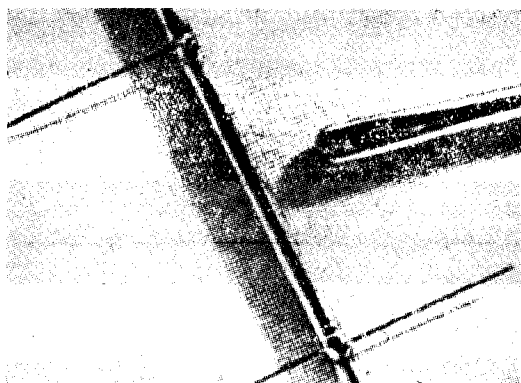


图3 将一根直径为0.003吋的鎢絲与0.020吋的鎳絲焊接

或轉动他的眼睛,既无痛苦,也勿需使用麻药。有好几个医院和医科大学正在积极使用这种技术^[13]。

讓我們簡要地回顾一下已有的成果。激光測距仪已可应用,如用于野外还需要在激光技术上稍作改进。空間定向跟踪系統要求有精确的瞄准和高重复率才能更加有用,如果它要便于执行探索任务,重复率应急剧增长、平均功率应显著提高,并且还要求一定的牢固性,效率也应增加。

微型加工和微型焊接的应用只在它能完成其他方法所难以完成的特种加工过程才是經濟的。对許多种类似的加工都要求有很高的重复率。特别是对焊接來說,同样重要的是控制各个脉冲发射能量的重复性。除了增加效率以外,所需改进只在工艺方面。医疗方面的应用,由于滿足性能独特及經濟上不受竞争的条件,目前是非常引人注意的。

時間相干性的应用

另一类应用与連續气体光激射器的時間相干性或譜綫的高純度有关,可以取多普勒速度跟踪器、大尺度計量及角速率傳感器等为例。

多普勒跟踪

所有这类应用的共同点是对干涉条紋或拍頻进行計数。从运动目标返回信号的多普勒頻移給出了高度精确的短距离速率数据。已知关系式为

$$\frac{4f}{f} = 2R/c$$