

最近的发展

光 激 射 器 定 相 陣

M. 迈赛尔 斯

光激光器工业的规模和性质的深刻变化已由对光激光器陣与日俱增的兴趣显示出来。几十甚至几百个光激光器耦合构成一道相干光束，向系統定向迈进了一大步，休斯、西屋、通用电气、沃托奈提克斯 (Autonetics)、斯珀里、飞歌和电-光系統公司等单位正积极研究和試制光激光器陣。

原則上，光激光器陣近似于功率較低的射頻陣。所提出的每个光激光器陣需要一台高度稳定的主振盪器，功率分配器、电子控制移相器和輸出放大器。

实际上，光激光器陣和射頻陣两者所化的費用、复难性、可靠性和波道間位相稳定性等都有共同的問題。仅仅过了四年，就要将光激光器用于模拟射頻系統，其設計問題。还得很长一段時間才能解决。某些专家預言，要使大規模光激光器陣工作还得四年。

尽管涉及許多問題，但光激光器陣依然可能是最实际的方向。当单个光激光器功率增加时，其輸出的方向性和相干性便降低，在高功率水平时，增加波型濾光片和准直透鏡是沒用的。

用光激光器陣恢复大功率性能有两个方面；第一，許多輸出优质光束的小光激光器可以产生等值的功率；第二，大孔徑陣可产生远比单个光激光器窄的光束。

然而更为重要的是陣的功率可比单个光激光器大几个数量級。同时，此种装置的单束和多束光可用电子仪器高速精密控制。最后此种装置具有自聚焦的适应能力。

系統設計師提出的光激光器陣的应用有下面两种：精密跟踪和定向能量发射。

光激光器陣和常规監視雷达串联工作，可以代表第一种应用。窄的激射光束能提高对目标的跟踪和分析的精度。光激光器陣也能单独作为搜索探测跟踪雷达工作。用它获得的光束宽度的稳定性，可立即改善普通光激光器雷达。

定向能量发射有人称为“死光”，在这方面，軍方照例既不肯定，又不否定其进展。但“微波” (Microwaves) 杂志采访的一位科学家声称：“你可以尽量設想，但实际进展仍比你想的快得多。”

对光激光器陣的軍方支持来自羅馬航空发展中心、航空系統部和海軍研究局。羅馬航空发展中心支持飞歌科学實驗室、兰鈴 (Blue Bell) 公司进行理論研究，支持电-光系統公司发展移相器、循环器和其他排列元件。以上公司和其他一些公司正在投标签訂試制两波道光激光器陣的合同。

通用电器公司已自己投資进行此項研究，馬上就会做出一种双波道試驗装置。航空系統

部的光激射技术部支持休斯飞机公司的工作，同时海軍研究局則与西屋签定了合同。这两个項目的詳情保密。关于沃托奈提克斯公司自費研究的情况也无从获悉。

对位相稳定性和相干性的严格要求影响所有装置設計的主振盪器。这些振盪器将为連續的或长脈冲的光激射器。气体、掺铷偏酸鈣和紅宝石都适用。主振盪器的固态光激射器要用法布里-珀罗波型滤波器以保証光譜純度。

所有系統中的主振盪器后串联放大器均为固体。幸好氙的 1.06 微米譜綫可与气体—固体混合串联铷放大器相匹配。

通用电气公司和其他单位正在試制的鐳砷放大器也工作于 1.06 微米，它們能否用于此种装置还是个問題。一方面它們可以作为完整的器件制造。它的体积小，能減少移相問題。但另一方面，据某些工作者說，它比铷和紅宝石放大器有更灵敏的溫度效应。

因而铷和紅宝石放大器最可能用于同相装置，最近报导，铷放大器已在近室溫下工作，这方面很快就会赶上紅宝石。电-光系統公司报导了一个 10 分貝增益的单程放大器，其中包含一个 18 吋掺铷玻璃棒。該公司研制出的光学循环器可能有更高的双程增益。

飞歌公司的科学家們认为氙放大器也可用于此种装置。曾报导了每米 50 分貝的增益，但对所用的放大器尚未得到最后的肯定結果。

此处敘述的四种系統中，放大器在波道中的分佈也是可变的。飞歌和通用电气公司直接提出每个波道一个放大器，虽然电-光系統公司建議几个波道可由一个前置放大器饋給，伊斯珀里公司和电-光系統公司的装置包括了几台前置放大器。

已經提出好几种用于排列装置的移相器，其中最新奇的大概是飞歌公司制造的水力装置，其中水的折射率用压力波来調制，充水长管的远端放一压电轉換器以产生压力波，从另一端进入管子的光束位相被延迟，其数值正比于通过水的长度。管内每隔一定距离放一分光反射鏡，对扫描軸产生一排适当相差的光束。

軸向的控制用改变管中的压力来进行，其总效应就是可变长度的分支光学延迟綫。此种器件(用于 10×10 陣)的总相移是 10λ ，計算出的直綫为 0.1%。据說水对于溫度升高引起的相移誤差不如通常用于移相器电光晶体那么灵敏。此外，移相器的特性可靠在水中溶解各种物质来仔細改变。

晶体移相器显然将用于此处所敘述的几种装置中。磷酸二氢鉀、磷酸二氢鉍和氯化亚銅是較好的材料。这些物质的相調制可用压力，又可用電場。每种情况均可以兆周的速率扫描。

与电子綫陣相比，光激射器陣也需要人工位相調节。必須在装置中的某处建立位相参考信号。用以控制光束的相位移，以疊加于均匀位相条件上。

用于此种目的的一个有用器件是电-光系統公司研制出的气体池移相器。光学池內的气压用机械調正以改变通过該池光束的相移。光激射器陣每个光路均装上这样的元件，以調节主振盪器到幅射輸出孔形成的光程差。

两个移相器可与干涉摸数相結合起着可变衰減器的作用。

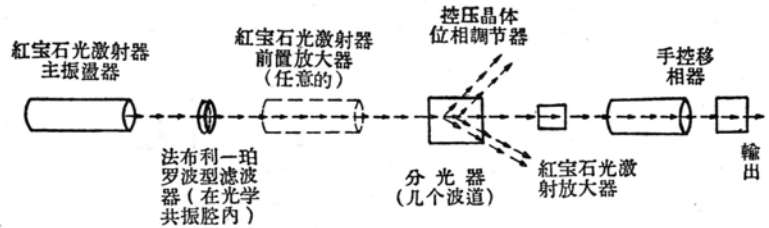
較老的电子控制位相調节器在陣中是必需的。陣中的无規相差要求每一波道內均有单独的反饋位相控制修正器。对此有分歧意見，如果没有大規模的装置，也得要等試驗板的完成，

才能获得最后的解答。通用电器公司和飞歌公司在这方面是乐观的。通用电气公司的科学家在这方面已经计算出每个波道无规位相变化不大于 $\frac{1}{4}$ 波长。从统计上看，这种变化也会集中于很窄的范围内。因而通用电气公司的装置结构并未体现自动内部位相调节。

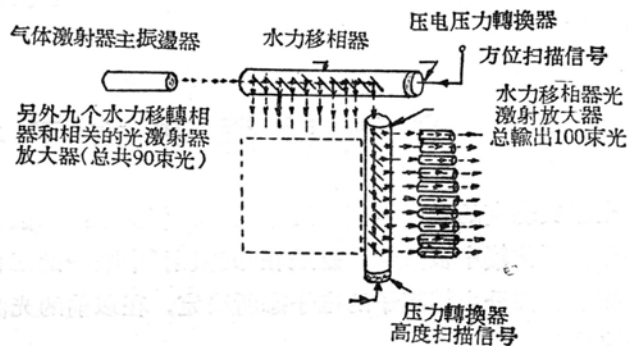
飞歌公司的计划也不强调这个问题。飞歌公司不用位相反饋，而期望精密的温度控制和放大器的“轻度”光泵就夠了。

在某一时间，光激光器陣可能只在几个波道内获得大功率，和遮蔽某些大的位相误差。

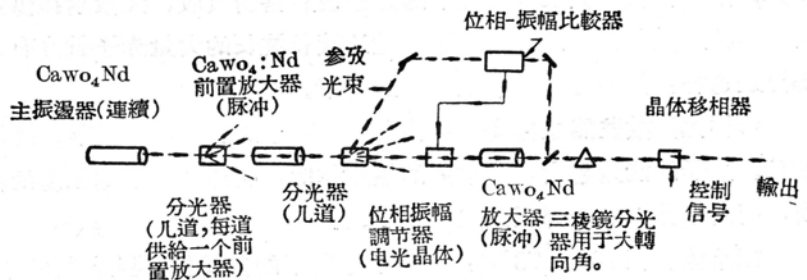
另一方面斯珀里公司和电-光系统公司根据最坏的估计来设计它们的装置。例如斯珀里公司的工程师已经算出1000焦耳的泵浦闪光使放大器加热 30°C ，因而引起30微米的膨胀。斯珀里公司的光激光器陣的每个波道都可取样，和参考光束相比较。光电二极管所产生的误差信号将推动每个波道中的位相修正器。并未详细说明保证参考光束和每个位相比较器同相的方法。



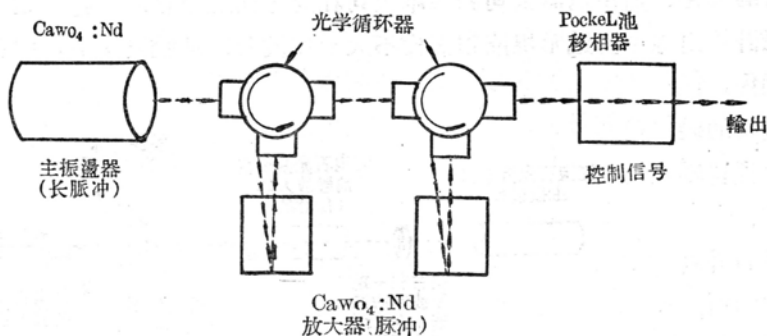
图一，通用电器公司的光激光器陣試驗合研究，体现了本文讨论的其他各个计划共同的特点。单色主振荡器光束分成几道，在经过各个光激光射放大器放大前调节成同一位相。光束位相控制，可以插在放大器之前或后，根据光束的能量水平而定。通用电器公司将建立一个两波道陣試驗合。



图二，水力移相器使用了飞歌公司提出的100波道位相陣。用压力调节水的折射率以改变位相。这些移相器是本迪克斯(Bendix)SPADAT陣分支延迟綫的光学类似器件。



图三，反饋调节位相控制系统是斯珀里公司提出的光激光器陣装置的特点。仅细致的表示了可能较大系统的一个波道。以一个辅助的三棱偏轉板使光通过较单用电移相器稍大的角度前进。三棱鏡用电机调节。



图四，光学循环器将通过两个光激励放大器的每个的光程加倍。电-光系统公司制出的这些循环器和有关的光学隔离器将应用于该公司提出的光学位相陣中。

譯自 *Microwaves* Vol. 3, № 3 (1964), p. 6—9

(蔡英时譯，王克武校)

光 激 射 器 和 声 子 振 蕩

貝尔电话实验室的科学家们最近报道一种新现象：光激励器与晶格振蕩(声子)二者都可在掺镍离子的氟化鎂中被激起。这是在“光激励”中唯一的工作物质，其波长部份由镍离子附近晶格的振动、部份由镍离子的电子态所决定。在以前的光激励器所发射的波长是单独由电子跃迁来决定的。

在新的光激励器中，通常仍用光泵将镍离子激到高能态，然后它们弛豫地回到较高的光激励能级。从这一氟化鎂晶格中镍电子的能级，在光激励器作用下离子落到较低光激励能级，发射出大量的光子。较低能级的镍离子是处在基态中，所以没有被激发。镍离子的纯电子跃迁，因为在较短波长处所发射的光子被晶格所吸收，光激励振蕩並沒有发生；在其他方面，晶格是激起振动的。用声子产生的较长波长的大量光子就没有这类吸收发生，而其中大部份是这样，因而可用来感应更多的发射。

这样部份激发能量转换成晶格中产生声子的能量，光激励器的频率部份地决定于声子的能量。声子的能量越大，激励光的频率越低，所以光激励器振蕩的结果不仅由镍离子跃迁判断，而由晶体中的全部跃迁来决定的。

把晶体放在 20° 或 78°K ，光激励器发射的波长曾发现是 1.62 微米，与光子同时发射的声子频率是 10^{13} 周/秒。

譯自 *J. Scientific & Industrial Research*, Vol. 23, № 3 (1964) p. 119

(李逸峯譯，沃新能校)