

南京达

一、微波雷达到激光雷达

微波雷达是到目前为止使用最普遍、技术最成熟的雷达技术之一，往往也称其为电雷达或常规雷达。微波雷达是人们相当熟悉的，它已经广泛应用于军事、国民经济以及航空、航天等各个科学技术领域里。

但是，微波雷达往往不能给出令人满意的速度、距离以及空间分辨率，特别是在距目标很近时(如几米至几十米之间)微波雷达往往进入盲区，完成不了某些要求，即所谓的“失灵”。即便是在常规时，由于微波的波长较长，对同一目标的信息量获得的少，影响雷达系统的灵敏度。

进入二十世纪六十年代，激光器的研制获得成功。于是以激光器为辐射源的激光雷达的研究，引起许多科学家的重视。

由于激光的频率比微波高几个数量级，这一量变，引起雷达技术的质变，激光雷达的测量精度、分辨率、抗干扰性以及某些参量的测量方面都是常规雷达无法比拟的。因此，在短短的十几年时间里，世界上激光雷达的研究得到了飞快地发展。

所谓激光雷达，就是以激光器为辐射源(或称波源)，发射出的激光经光学天线，通过大气传输后与目标相互作用，此后被目标散射或反射的携带目标的各种信息的光波(往往简称回波)，经上述光学系统和大气中的传输被接收系统(雷达的)接收并对回波进行处理后，就可获得目标的诸如速度、距离和方位等信息。

激光雷达按其接收回波的方式，可以分为相干接收激光雷达和直接接收激光雷达。从其结构特点来看，主要区别在于有无本振光源。(详见右表)

由此可见，由于激光的波长比微波波长短，相比之下可以获得大量的目标信息，大大提高雷达系统的灵敏度，这也就是研究激光雷达的主要目的。

二、相干激光雷达

图1所示的是相干激光雷达的原理方框图。由激光器发射的激光(称发射光)经望远镜扩束后，用扫描器对目标进行扫描，由目标反射回来的信号光束通过

大气与另一只激光器发射的光(称本振光)在探测器上

项目	直接接收	相干接收
发射机	不需要稳频的高能量脉冲。	需稳频激光器和多种调制方式。
光学系统	不受大气干扰和视场调制系统容易准直。	视场与光孔区有关于 $\theta \sim \frac{\lambda}{D}$ ，本振需要稳频且与信号同时准直到探测器上。
接收器的灵敏度	弱信号探测性能差。	可达量子探测极限，能量灵敏性明显优于直接接收方式(约高6~7个数量级)。
信号处理获取信息能力	容易，系统简单。 差	较难，系统复杂。 强，可同时测速，测距，成像。

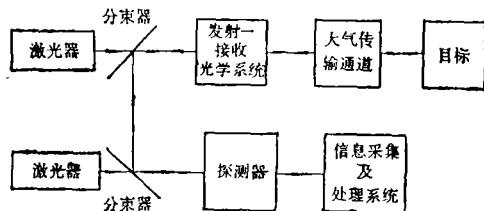


图1 相干激光雷达原理方框图

进行混频(即信号、本振两光束在探测器的光敏面上产生干涉)产生差频(中频)信号，由信号采集和处理系统进行采集和处理，最后输出各种所需的控制电信了。

所谓“相干”，就是两束激光在探测器上进行干涉产生差频(中频)。这样，就可以把原来直接接收式雷达系统中使用的响应高频的探测器(即宽频带响应)改用响应中频(而响应中频带乃至窄频带)的探测器。这样大大减少了探测器的各种噪声，从而提高了雷达系统的信噪比及其灵敏度。

作为相干激光雷达的心脏部分的探测器，可以使用单元和多元探测器。探测器光敏面材料的光——电转换量子效率和探测器的响应带宽以及探测器(包括

前置放大器)的各种噪声(如热噪声、散粒噪声和产生——复合噪声等)的影响等都是在使用探测器时必须予以足够的重视。目前可以使用的单元和多元探测器外差频率响应大于1GHz。在77°K低温条件下工作力HgCdTe光导和光伏型单元探测器是CO₂相干激光雷达中多采用的探测器。CO₂相干激光雷达是目前国际上研究相干激光雷达的主攻方向。这是由于CO₂激光器工作于10.6微米,除了由于它的波长短于微波可以用较小的天线获得很高的角分辨率,例如10厘米的天线可获得大约100微弧度的角分辨率和激光束窄,使相干激光雷达可以精确地瞄准和跟踪目标,而且比较隐蔽具有较强的抗干扰能力,因其频率比微波高几个数量级,在测速中形成较大地多普勒频移,使相干激光雷达系统可以在短时间内精确地测量目标的速度。又因为10.6微米处于大气窗口,使得CO₂激光在大气传输过程中吸收、散射损失小,尤其是在有烟雾、尘埃等恶劣天气情况下更显示出CO₂激光优于其它激光的传输特性。

一般来说,在下列情况下使用探测器阵列:一是在搜索应用中,由于在典型的飞行高度时扫描器和象元驻留时间的限制,使用单元探测器不能达到合适的宽视场;二是在成象情况对合适的真尺寸和可接受的激光脉冲重复频率,用单元探测器不能达到显示帧速时。但是应当注意到,在相干激光雷达系统中,使用探测器阵列使校准信号和本振光束问题复杂化,探测器阵列的有效使用还需要使发射光束整形以使之与探测器阵列足迹匹配。为此,雷达中使用了发射光束整形器。

三、相干激光成象雷达

1. 相干激光成象雷达原理

图2是相干激光成象雷达的原理方框图。将图2与图1进行比较可以看出,后者和前者的主要区别在

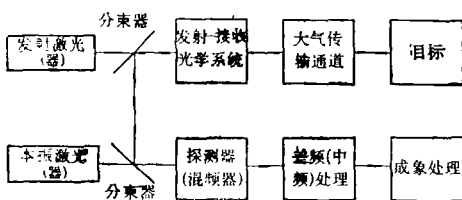


图2 相干激光成象雷达原理方框图

于获得差频(中频)信号以后的部份。两者都要进行信息采集,然而前者是将采集到的信息经处理后给出所需的控制信号,而后者则是将采集到的信息处理为所需的控制信号的同时,又要进行图象处理和图象显示。

2. 相干激光成象技术

相干激光成象系统实际上是光电子学、机械学和电算技术对人眼仿生研究的最新成就。它由传感器采集包括目标的轮廓、特征和运动学要素在内的目标的图象信息,经过图象处理、可以理解,识别和判断图象;

以便对图象信息进行分析和作出解释,最后制定决策,给出信号去控制对象。概括起来,相干激光成象系统包括采集图象信息的传感部分;图象处理、识别和传输部份和决策、控制部分。

能否实时处理信号并控制成象系统各单元是快速成象的关键。早期的激光成象多采用“脱机”处理方式,它影响成象速度及实时性。R. M. Hardesty等人研究了激光成象实时处理及显示系统,提高了成象速度。据报导,目前国际上最高的成象帧频已达16帧/秒。

3. 单管双频CO₂激光器实现相干成象的探索

常规的相干激光成象雷达系统使用两只稳频激光器,因此,各自激光器的频率稳定度就成为十分关键的问题之一。然而,实际使用的激光器往往很难维持长时间的稳频。只要其中一只激光器的频率产生漂移,就要影响差频,进而影响对目标的准确探测,当然也就影响相干成象质量。另外,激光器的功率稳定与否也要影响激光雷达的使用效果。

鉴于上述情况,如果我们使用一只双频稳定输出

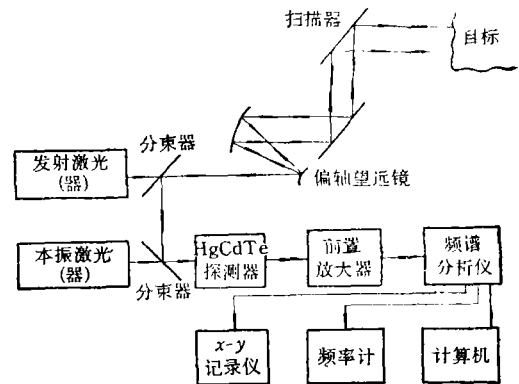


图3 双管连续波相干激光成象实验系统方框图

的激光器,即使在使用过程中放电管长度漂移而引起频率的漂移,由于两个频率同时漂移,其差频几乎不变,即差频的稳定度很高,可以比相同的其他条件下的两只激光器输出激光之间的差频稳定度高2—3个数量级。

不仅如此,激光在大气中传输过程中由于同一激光器输出的双频激光在大气中传输距离十分接近,虽然各自产生畸变,但相干的结果将消除畸变,仍有利于差频的稳定。另外,由于仅用一只激光器,光路的准直将大大简化,成象系统结构简化,系统体积小。因此,用单只双频激光器进行相干成象,将为相干激光成象雷达的研究开辟一条崭新的途径。

目前,在国内外许多科学家和部门已着手这方面的研究。影响研究进程的主要原因是研制稳定输出双频激光的激光器遇到了困难。如果这一关键问题取得突破,必将使单只激光器作发射源的相干激光成象雷达的研制得到迅速地发展。