

砷化镓半导体激光器发射天线

于志文

本文从设计、加工、成本、性能等方面对砷化镓半导体激光器（以下简称砷化镓激光器）发射天线的选择作了初步探讨，其目的就是对从事砷化镓激光应用提供一定参考。

由于砷化镓激光器发出的激光束束散很大，发射天线应用望远镜原理是不适宜的。从原理上讲，要使经发射天线的激光束散压得较小，而且在各个方向上束散也较均匀，最好选择某种非球面会聚透镜（如双曲率透镜）作发射天线。对于非球面透镜，除了设计上有一定的困难（尤其是几个面都是非球面的）外，主要是目前的光加工水平严重限制了它的大批量生产及推广应用。

柱面透镜是最简单的双曲率透镜。一般说来，国内加工已不成问题。利用单个柱面会聚透镜作发射天线，可实现单方向上的束散压缩。因为砷化镓激光器发出的光束所对应的波面并非柱面的或近似柱面的，而且在相互垂直的方向上都有很大的束散角。砷化镓激光器发出的激光通过单个柱面透镜后，一个方向上的束散获得压缩，而与此相垂直的另一个方向上的束散未获得压缩。由此看来，要使束散变小且比较均匀，采用单个柱面透镜作发射天线，原理上是不可能实现的。但我们并不排除上面所讲的“选择某种非球面会聚透镜（如双曲率透镜）作发射天线”的可能性，因为单个柱面透镜仅仅是双曲率透镜中的一种特殊情况。

利用球面会聚透镜作砷化镓激光器的发射天线，可使各个方向上的束散同时得到压缩。尽管由于受激光器发光区形状（大多为线条形）的影响，一个方向束散大，一个方向束散小，但要使最大方向上的束散角控制在毫弧度的数量级还是很容易实现的。正因为如此，国内外有不少单位都采用球面透镜作发射天线。

我们对用于砷化镓激光器上的球面透镜发射天线进行了设计，并做了有关实验。下面介绍有关这方面的情况，并对解决束散的均匀性问题谈几点看法。

一、球面透镜发射天线中的几个主要问题

1. 透镜焦距 f' 的选择

焦距 f' 需根据砷化镓激光器发光区的最大长度 L 和经发射天线后所要求达到的最大束散

收稿日期：1985年1月8日。

角 Q_{\max} 确定。当要求 Q_{\max} 比较小(如毫弧度数量级)时,三者之间的关系可由下式(足够精确地)确定:

$$Q_{\max} = \frac{L}{f'} \quad (Q_{\max} \text{以弧度计})$$

从上面的公式可看出,在 Q_{\max} 为毫弧度数量级的情况下,所对应的透镜的视场角非常小,在设计发射天线时,可不考虑轴外象差,主要把球差校正好就行了,必要时可把激光和某一单色光(如D光)的色差校正一下。

2. 透镜的相对孔径 D/f' 的选择

砷化镓激光器在最大方向上的束散角可达 20° 以上,在与此相垂直的方向上的束散角也在 10° 以上。为确保激光器发出的光束全部通过透镜,相对孔径 D/f' 在1:2附近。 D/f' 大,通过天线的能量多,为校正轴上象差,透镜的片数增多,整个发射天线的尺寸、重量也有所增加。 D/f' 小,透镜的片数少,对缩小天线的体积,减轻重量有利。但激光器发出的光束有一部分被拦截,不能全部通过天线,而存在一定的能量损失。 D/f' 的选择应根据使用要求,激光器的实际束散、整机要求等具体情况权衡而定。

3. 透镜结构形式的选择

透镜的结构形式,主要根据相对孔径和视场的大小来选择。根据上面1、2节中所叙述的内容,用两片透镜(双胶合透镜)或三片透镜作砷化镓激光器的发射天线,通常就能满足使用要求。

二、束散验证实验和单程探测距离实验

我们采用的砷化镓激光器(发光功率 $3 \sim 6$ W,可调),在一个方向上的束散角约 22° ;与此垂直的另一个方向上的束散角约 16° 。接收器采用硅光电二极管作光电接收元件,不加接收天线。球面透镜发射天线为一个焦距 $f' = 68$,孔径 $D = 30$ 的双胶合透镜。

在不加发射天线的情况下,最大单程探测距离仅10m左右。

配上发射天线,用长焦距透镜和红外变像管将激光束准直,最大方向上的束散角 Q_{\max} 约 2.3 mrad,与理论值相符。

配好发射天线后,分别在不同时间和地点进行了多次单程探测距离实验。实验是从距离为几十米开始进行的,以后逐增。最后,在距激光器2940m处的接收器仍能探测到激光信号。因受时间、地理等因素的影响,我们还未能获得最大单程探测距离,但根据实验情况分析,最大单程探测距离超过3000m是不成问题的。与不加发射天线的情况相比,球面镜发射天线的显著作用是不言而喻的了。

球面镜发射天线,具有结构简单,设计、加工容易、成本低,可把砷化镓激光器的束散压缩得很小等优点,这在砷化镓射击模拟器,激光通讯等领域是有广泛应用前景的。

三、束散均匀性的改善问题

利用球面镜作砷化镓激光器的发射天线,如上所述,具有可把激光器的束散在各个方向上都压缩得很小等一系列优点。但仍然存在一个方向束散大些,一个方向束散小些,即束散不均匀的问题。为了解决这个问题,以便满足某种特殊使用的要求,从发射天线和激光器这

两个方面入手，提出以下三种方法，以供参考。

1. 两级发射天线法

在球面镜发射天线（称第Ⅰ级发射天线）之后，再加一级由柱面镜和物镜组成的发射天线（称第Ⅱ级发射天线）。由第Ⅰ级发射天线射出的（束散不均匀的）激光束，再经第Ⅱ级发射天线后，在较大方向上的束散获得了进一步的压缩，而在较小方向上的束散保持不变，从而达到改善束散均匀性的目的。这种方法，光学结构比较复杂，并对整个发射天线的体积、重量、成本等都会产生影响。

2. 正交柱面镜法

利用两个（或两组）焦距不等，主截面相互垂直并且它们的两个焦点（如 F_1' 和 F_2' ）互相重合的柱面镜组合结构，来作砷化镓激光器的发射天线，从原理上讲是可行的。在两个主截面内的相对孔径都很小的情况下，经这种发射天线后，束散可压缩得很小，在各个方向上的束散也比较均匀。但在相对孔径较大的情况下，这种发射天线的实际应用就受到一定的限制，这种限制来自使用要求，光学设计，光学加工，成本等诸方面。

3. 激光器发光区成中心对称法

这种方法仍然采用球面发射天线，只是对激光器提出要求。从理想情况出发，发光区域的形状，越接近以某点为中心对称越好；从现实情况出发，采用列阵型砷化镓激光器也能获得改善束散均匀性的效果。

通过以上分析，从发射天线讲，要使砷化镓激光经过它以后，不仅束散大小符合要求，而且还要求束散在各个方向上比较均匀，最好采用非球面透镜。但非球面透镜的采用，往往要受到不少因素的限制，如加工成本、推广通用方面，又远不如球面镜优越。鉴于目前砷化镓激光器价格不贵，采用列阵型激光器与球面镜发射天线相配，或许是简单有效的方法之一。

由于受种种条件所限，对于难免出现的不当之处，望读者给予指正。最后，对积极参与了束散验证实验，并对实验提供了宝贵意见的卿荣生、王正兴等同志，以及参与了单程探测距离实验的冯家宝、李晓川、周兴安等同志表示衷心的感谢。

（上接第26页）

XMR's 3200系列电源在125V, 250V, 1kV, 2kV, 5kV和10kV六个电压档都可以输出3kW功率。其基本电路是可控硅开关系列共振电路，电路上有4个可控硅而不是两个可控硅和两个二极管。这种强迫整流技术避免了封锁并增加了可靠性。电源可与控制器开联做成叠层（多达32层）。这些电源的特点是有一种简单的接口设计，这种设计就可将它们改装用在许多激光系统。这种电源对使用者安全性大并有可行的电路保护选择。

摘译自 Laser & Applications, Dec. 1984, P. 53~58.

邹声荣 译 张承铨 校