

在电子束泵浦的准分子激光器中能量的注入问题

中国科学院电子学研究所 赵仲宏

在估算电子束泵浦的准分子激光器的效率时,需从理论上计算高能电子在气体中的贮能。

高能电子在气体中将受到碰撞损耗和韧致辐射损耗,其和称总的平均能量损耗,或总阻止本领, M. J. Berger 和 S. M. Seltzer 在能量从 10 千电子伏至 1000 兆电子伏之间对 40 种物质计算了一个电子在物质中的总阻止本领和平均射程。本文根据他们提供的总阻止本领的数值表,利用(1)式计算了一束电子流在气体中的贮能:

$$W = jSV_e \rho P d t \quad (1)$$

式中 W ——电子束在工作气体中的贮能(焦耳), j ——激发区的电流密度(安/厘米²), S ——激发区面积(厘米²), V_e ——一个电子在气体中的总阻止本领(兆电子伏/克·厘米⁻²), ρ ——气体在 20°C、1 托时的密度(克/厘米³), P ——气压数(托), d ——激发区深度,电子在工作气体中行走的距离(厘米), t ——激励脉冲的宽度(秒)。若工作气体不是单一气体,而是几种气体的混合物或化合物,可对每个元素来计算总阻止本领,然后将结果用正比于重量的方法求和。

本文以电子束横向泵浦 XeF 激光器和电子束纵向泵浦 KrF 激光器为例,计算高能电子在工作气体中的贮能,计算结果与 Ault 及 Hozzman 的结果相符。对于其它气体种类的激光器,也可应用,但总的工作气压应低于 4 个大气压,此时 V_e 近似为一常量,而高于 4 个大气压, V_e 是入射距离 d 的函数,(1)式中的 $V_e d$ 则应以 $\int_0^d V(x) dx$ 代入。

国外发表的这类激光器中所用电源的电压范围从 0.3 兆电子伏至 2 兆电子伏都有,为什么它们的电压值有几倍之差?我们在设计这类激光器时应如何选择电源的参量?本文对这些问题提出一些粗浅的意见。

一种用电子束泵浦的异核型准分子激光器——XeF

中国科学院电子学研究所 顾之玉 赵仲宏 翟宝光 吴承懋

电子束泵浦卤化物受激准分子激光器国外于 75 年首次报导,它们是一类很有发展前途的新型激光器。准分子的特点是分子仅存在于受激态,当它将激发能量释放并回到基态时,两个原子很快分离,使基态分子数近乎等于零,容易形成粒子数反转,可获得较大的增益;又由于准分子激光器能级曲线具有一个共同的特点,就是基态到第一激发态的距离最大,激光跃迁又发生在这两态之间,因此以激光形式辐射的能量占总能量中较大的比例,它使准分子激光器具有高效率特点;准分子激光器还具有大能量、高功率的特点。

这类激光器有希望用于激光武器和热核聚变中的高密度等离子体加热,还可用于同位素分离、光通信、集成光学、癌症诊断、石油勘探、研究化学动力学过程、泵浦可调谐染料激光器以及快速摄影等。

XeF 准分子激光器工作在紫外光谱区,随着光波长愈来愈短,产生激光发射就变得愈来愈困难,因为输送给激射物质的泵浦功率随频率的 4~5 次方而迅速增加,尤其在更短波段,一般常用的放电泵浦手段就很困难,而须用相对论电子束泵浦。我们采用电子束横向泵浦激射物质,在国内这是首次探索,相对于那些运转于可见光区的气体激光器来说,难度较大,它需要许多关键设备和新型材料。

在研制中,我们参考了国外的先进经验,但也有我们自己的特点,泵浦激光媒质的电子束需高的束流密度,并具有矩形截面形状,国外通常采用在低气压漂移管中成形,其结构复杂,并随之引起附加损耗,我们没

有采用这种方法,而是使阴极形状和排列适合矩形截面的要求,通过一系列实验,终于找到用60毫米长的刀片阴极,并将其刀口方向与激光腔光轴方向一致,获得截面为 1.4×9 厘米²的电子束,束流密度约100安/厘米²左右。此外,为了得到良好的波形,采用了Blumlein线,形成30毫微秒的250千伏至300千伏高压脉冲,Blumlein线用谐振变压器充电,效率高,调压方便。

经过初步测试表明,测得的激光能量为47毫焦耳,摄得的光谱有两条,分别为3511埃和3531埃,获得的激光光斑为 3×6 毫米²,半束散角为1.8毫弧度,接近1975年国外用同等泵浦源下的XeF激光器水平。在国内目前尚没有看到有关用电子束泵浦手段来激励XeF激光器的报导。

电子束泵浦XeF激光器的研制成功,为我们掌握这种激励手段和攻克真空紫外以及X射线等更短波长的激光器创造了有利条件。

卷筒式折迭式氟原子激光器

中国科学院安徽光机所三室

氟原子激光器是一种多波长的激光器,最近几年获得比较快的发展。平板布鲁林传输线激励技术的采用,不但使激光谱线增多,而且使输出功率大大提高。用光栅组成的光腔已获得了单波长的激光输出。这不但使原来的超辐射可受控制,而且对许多单波长的应用提供了可能性。

由于氟原子激光器的输出波长位于许多红外染料的吸收峰值,因此,它可作为红外染料激光器好的泵浦源。通过非线性混频技术,它与调谐的红外染料激光混频将有可能得到在远红外波段范围的可调谐激光输出,所以,日益引起人们的重视。

在实验初期,器件结构完全与XeF准分子激光器相同,用平板传输线激励。为使器件结构简易紧凑,我们把平板传输线先后改进成卷筒式和折迭式的结构。卷筒和折迭的基本原则是卷筒和折迭起来后不能使传输线的电感增大。所以,卷筒和折迭的程序必须满足这个基本原则,使其放电回路上的电流流动方向相反来减小回路电感的目的。

在平板式、卷筒式和折迭式三种不同结构的器件中,采用相同的放电室、电极和光腔。放电室由玻璃条堆成。电极为一对0.15毫米厚的铜片,长为73厘米,极距为17毫米。光腔为半球面腔。一端为镀铝膜带曲率半径($R=3 \sim 5$ 米)的全反射镜,另一端为涂3510埃的透过率为30~10%介质膜的石英平板输出镜。镜距为104厘米。

在上述器件中,充入工作气压为几十托到200托的 $\text{NF}_3:\text{He}=(1 \sim 1.27):100$ 的混合气体,在14~23千伏的工作电压下,在观察靶上能看到比较稳定的红色激光输出,摄得输出波长为6346、7039、7129、7310和7489埃。其中6346埃激光谱线是首次发现。

当时,6346埃这条氟原子激光谱线国外还没有报道。因此,这条谱线的出现,引起我们的重视。我们在去年四月以工作简报的形式报道了这条激光谱线,并认为它是氟原子的 $3P^4S_{3/2}^0 \sim 3S^4P_{3/2}$ 能级跃迁。而后,在同年五月份,美国人也报道了这条激光谱线,同时还发现另两条7399和7552埃激光新谱线。在时隔五个月的10月份,苏联人看到美国人所报道的新谱线外,又发现6329.6埃和6413.6埃两条新谱线。到目前为止,氟原子激光谱线已有13条。

6346埃这条激光谱线比Moore列出的相应能级跃迁发射的6348.5埃差2.5埃数值。这是我们测量体系的测量误差造成的。