

我国大气湍流、大气闪烁及其与激光雷达和光通信的关系研究

中国科学院安徽光机所 温景嵩 宋正方 曾宋泳
中国科学院北京计算研究所 魏公毅

实验证明柯尔莫果洛夫的湍流理论与塔塔尔斯基的大气闪烁理论在一定条件下的可应用性。在实验中我们还发现了一些新的现象,对这两个理论分别提出了一些新问题,并对此进行了一些初步分析。

使用我国有关资料,通过计算初步提出了我国的一个大气湍流分布模型。与国际上流行的一些有关资料比较后,证明该模型可用。

我们把大气闪烁理论和闪烁对激光雷达与光通信影响的理论初步结合起来,结果得到损失因子的天顶距分布,由此提出临界天顶距概念。按照我们得到的大气湍流分布模型,在不同季节不同工作条件下,对不同类型的激光工程分别计算出相应的损失因子天顶距分布与临界天顶距大小。结果表明,大气闪烁对某些工程的影响,可能是十分严重的。

为克服闪烁的有害影响的一个有效办法,就是使用大口径望远镜接收。为此需研究闪烁空间相关与孔径平滑因子。以前的研究大多集中在均匀湍流下相关与平滑因子问题。由此得到的一些概念,有许多并不适用于湍流非均匀情况。而许多工程所涉及到的却正是湍流非均匀的问题。为此,我们着重研究了湍流非均匀时的相关与平滑问题,由此得到了一些新的结果。同时,按照我们得到的大气湍流分布模型,在不同季节不同工作条件下,对不同类型的激光工程分别计算出它们的空间相关与孔径平滑因子,得出了它们和各种有关因子之间的依赖关系,以及它们在降低闪烁对不同工程的有害影响中所可能起到的作用。

对于闪烁的时间频谱,和过去的研究大多集中在湍流均匀、风场均匀的情况不同,我们着重研究了湍流非均匀、风场不均匀的问题。由此也得到了一些新的结果。同时,按照我们得到的大气湍流分布模型,在不同季节不同工作条件下,对不同类型的激光工程分别计算出它们的频谱,得出了它们和各种有关因素之间的依赖关系。

在计算中还涉及到了一个含样条函数的数值积分。对于这类积分中基点的选择问题,我们也提出了一种改进方案,实践表明该方案是有效的。

10.6 微米 CO_2 激光大气传输和通信的研究

成都电讯工程学院 激光大气通信组

本文论述 10.6 微米激光波段的大气传输特性。在成、渝、京三地近两年的传输和通信试验表明,成都夏日常典型的大气衰减系数 $\alpha=1.5$ 分贝/公里,冬日的 $\alpha=0.6$ 分贝/公里。长测距所得的 α 值一般比短测距的要小。在重庆试验的 408 米测距和 4000 米测距的部分数据,与 A. Arnuff 和 AD-742728、AD-756866 的 α 值相似,比其他波段要小得多。充分说明 10.6 微米较其他波段有显著良好的穿雾、穿霾能力,是已有可供实用的激光器中最佳的传输波段。

已经完成的通信距离为 15 公里的 CO_2 激光通信机的主要特点,是采用了能在常温下工作的、扩展了频域的热释电器件 TGS 作为接收探测器,取得了良好的效果。该项光通信工程验证了远测距所得的 α 值作为工程设计的依据是可靠的。根据“雾都”重庆 1954~1975 二十二年气象资料,大气通信可通率为 95%,其他

(下转第 116 页)

能实现再循环,这可由不断的流动同质异能素来弥补;(6)这里有两个重要参数:能级 2 的寿命和 γ 荧光的量子效率。通过求解系统的速率方程,得到 γ 荧光的功率与荧光能级 3 的寿命、输入的 X 射线能量密度以及能级 2 的寿命有关。 Dy^{165} 的 $3/2^-$ 、 $1/2^-$ 、 $7/2^+$ 能级可作为上述系统的工作能级。

对于同质异能素嵌入晶体的量子变频器,为了循环地使用工作粒子,如以 γ 射线作泵浦,则退化为五能级系统。

关于玻色子射线放大器

长春光机学院 沈 柯

从玻色子射线受激辐射放大的一般条件出发,首先对静止质量为 0 的玻色子- γ 射线激光器,提出了以长寿命核能级 3 作为粒子的存贮能级,以短寿命核能级 2 作为高工作能级(能级 3 位于能级 2 上)的方案。通过加在能级 3 与能级 2 之间的外来的 γ 射线或 X 射线的受激感应,使存贮粒子能级上的粒子转移到短寿命能级 2,从而在高低工作能级 $2 \rightarrow 1$ 之间形成粒子数反转。先将此方案用于反冲核跃迁 γ 射线激光器,设在垂直于预先制备的处于能级 3 上的同质异能素射束方向观察 γ 射线激光,则 γ 谱线宽度由反冲加宽决定。康普顿-吴有训散射、光电吸收等为损耗机构。对于 $\lambda \leq 1$ 埃,根据阈值条件可估计出高工作能级寿命 τ_{21} 要低于 10^{-8} 秒。通过求解系统的速率方程,求出了形成粒子数反转的外来的 γ 射线强度 I_{92} 。例如,对于能量为 10 千电子伏的 γ 射线,在 $\tau_{32} \sim 10^{-3}$ 秒, $\tau_{21} \sim 10^{-8}$ 秒, $\Delta\omega \sim 10^{11}$ 赫, $\Delta N \sim 10^{21}$ 厘米 $^{-3}$ 时, $I_{92} \sim 2.5 \times 10^7$ 瓦/厘米 2 。将此方案用于 Mössbauer 跃迁的 γ 射线激光器时,如取 Mössbauer 谱线宽度为 10^6 赫,在保证 $\Delta N \sim 10^{22}$ 厘米 $^{-3}$, 对于 $\lambda \leq 1$ 埃,要求高工作能级寿命应在 $\tau_{21} \sim 10^{-6}$ 秒以下。通过 γ 射线激发或中子俘获过程,使同质异能素进入长寿命能级 3。因为 $I_{92} \propto \tau_{32}/\tau_{21}$,所以在同样的 τ_{32} 情形,此处要求的 I_{92} 较低。 Bu^{181} 的 $11/2^-$ (5.8×10^{-5} 秒)、 $7/2^+$ (3.4×10^{-9} 秒)、 $5/2^+$ 能级,可作为工作系统。同 γ 射线激光器的长寿命方案及短寿命方案比较,这里提出的方案,在谱线宽度和激发功率方面的要求似乎有所放宽。

讨论了静止质量不为 0 的玻色子- α 射线放大的可能性问题。 α 谱线加宽主要来源于多普勒加宽,因电离和新的原子的形成而造成的非共振损耗截面,对于 4 兆电子伏的 α 射线, $\sigma_a \sim 10^{-16}$ 厘米 2 。对于通过核的自发嬗变过程产生粒子数反转情形,由于 α 粒子的德布洛依波波波长甚短,而母核的高能态寿命较长($10^{-7} \sim 10^{+16}$ 秒), α 射线的多普勒加宽较大(10^{16} 赫),由此造成受激辐射截面 $\sigma_s \ll \sigma_a$, 此外, α 粒子的发射过程是穿透势垒的过程,一个 α 粒子引起出现两个 α 粒子的机构是俘获过程,前者与后者可以没有关联,所以 α 粒子的计数统计是泊松分布。可见,通过核的自发嬗变过程产生的粒子数反转,不足以满足放大的阈值条件。对于通过核的受激嬗变过程形成粒子数反转情形,由于复核的寿命为 $10^{-16 \pm 3}$ 秒,则 $\sigma_s/\sigma_a \sim 10^{-6} - 10^{-9}$, 看到,当将 $\Delta\omega$ 压缩 6~10 个量级时,似乎才有可能满足放大的阈值条件。

(上接第 98 页)

地区预期能大于 95%, 适合于江河、海岛、高楼、高山之间的战术通信之用。

对于进一步增加通信距离(30~50 公里)和扩大通信容量(几十兆赫以上)的光通信系统的单元技术,例如,稳频外差获得了肯定的实验结果, CO_2 波导激光器获得了 0.1 瓦/厘米的功率输出,并论证了斯塔克池吸收稳频和宽带电光调制的实验方案。

最后,扼要论述了大气通信的前景。美国海军电子实验中心的 18.2 公里 CO_2 通信系统,具有相互跟踪瞄准装置,因而提高了信噪比,能在活动船只之间,作准全天候光通信;航天飞行中心曾准备在八十年代初,将经过地面考验的 CO_2 通信系统送到卫星上去。据称,正在考虑卫星与地面之间也用激光作为传输信道的可能性。由此可见,从地面定点通信到动点通信,从非全天候到准全天候,从地面到航天, CO_2 激光通信在稳步发展,具有乐观的前景。