

$$N\sigma_s/\mu \approx 14 \quad (12)$$

为降低阈值,可用双泵二步激发,二个泵之间的最佳延时由(5)式给出。对于利用非穆斯堡尔能级的方案,将核外电子剥离可大大减小光电损耗。此外,因 $N_0$ 随时间迅速衰减可使阈值升高。

#### 4. 泵浦中子源

裂变反应的一代中子寿命为 $t_n = (N_0\sigma'v)^{-1}$ ,对于 $U^{235}$ 或 $Pu^{239}$ 的裂变, $t_n \approx 6.6 \times 10^{-9}$ 秒,中子脉冲宽度约 $10^{-8}$ 秒。在距1千吨当量裂变物质中心(1~10米)处, $I \approx (10^{28} - 10^{24})$ 中子/厘米<sup>2</sup>·秒。当冲击波到达之前, $\gamma$ 激光材料可先发射 $\gamma$ 激光。

用超强激光压缩裂变材料,若核密度提高 $10^2$ 倍,临界质量可降低到一毫克, $t_n \approx 10^{-10}$ 秒。在距中心100微米处,一毫克 $U^{235}$ 裂变产生的中子通量密度可高达 $10^{32}$ 中子/厘米<sup>2</sup>·秒。

激光核聚变产生的中子通量可达 $10^{35}$ 中子/厘米<sup>2</sup>·秒。

若用中子增强装置,用较少的核物质即能达到 $\gamma$ 激光阈值的要求。

为发展波长更短的 $\gamma$ 射线激光器,可考虑用“介原子”(μ-Mesonic Atoms),但需要强的介子流。

## X 射线激光器的共焦圆谐振腔

长春光机学院 沈柯

当将晶体片经过一定的切制和弹性弯曲时,可以得到晶面曲率半径为 $2R$ 、晶体表面的曲率半径为 $R$ 的凹面反射镜,当X射线以布喇格角入射时,对于反射的X射线存在着一个半径为 $R$ 的聚焦圆。如果我们将两个曲率半径相同的这样的凹面镜,相对地放在同一个焦圆上,则可构成X射线激光器的谐振腔。它的稳定性是显而易见的。如以Ge的(220)面作凹面镜,对于Cu的 $K\alpha_1$ 谱线, $\theta = 22^\circ 38'$ ,反射率 $r_1 = 95\%$ ,另一端借助 Borrmann 效应取输出,设反射率 $r_2 = 50\%$ ,腔长 $L = 30$ 厘米,则这种腔的基本参数为:品质因数 $Q \sim 3.7 \times 10^{10}$ ,腔内X光光子寿命 $t \sim 2 \times 10^{-9}$ 秒,腔的频宽 $\Delta\nu \sim 8 \times 10^7$ 赫,相邻的纵模间隔 $\delta\nu \sim 5 \times 10^8$ 赫。同环行腔相比,这些基本参数都有所提高,且元件少,结构简单。

晶体凹面镜的曲率半径大小,也就是共焦圆谐振腔的腔长尺寸,主要取决于晶体的弹性系数,一般而言,不能作的很小。但是,例如对于原子核能级,存在着相当多的位于X射线频率范围的核跃迁,它们的高能级寿命都远远大于原子内壳层电子的荧光寿命。所以,对于使用同质异能素作为X射线激光器的工作物质场合,有可能使用这里提出的腔长较大的腔。

## X 射线和 $\gamma$ 射线量子变频器

长春光机学院 沈柯

本文提出将X射线直接变换为 $\gamma$ 射线(或将波长较长的 $\gamma$ 射线变换为波长较短的 $\gamma$ 射线)的量子变频器方案。考虑具有1,2,3分光能级的系统,其中能级2是同质异能素的长寿命能级,能级2→能级3为允许跃迁,波长位于X射线波段,能级3→能级1的跃迁给出 $\gamma$ 射线荧光。对于气态工作物质情形,可预先制备处于长寿命能级2的同质异能素,因而无需从能级1→能级2的泵浦激发。当有 $\nu_{32} = (E_3 - E_2)/h$ 的X射线输入此系统时,可直接得到 $\nu_{31} = (E_3 - E_1)/h$ 的 $\gamma$ 荧光。同红外固体量子计数器作了比较,发现:(1)不存在红外固体量子计数器中能级2的长寿命与从能级1→能级2的强吸收而导致的矛盾的要求;(2)理想的红外量子计数器应该是五能级系统,而这里则简化为三能级系统;(3)不存在如何区分泵浦频率和输出的频率问题;(4) $\gamma$ 荧光的产生虽然包括基态1在内,但由于原子核的反冲效应而不发生再吸收;(5)工作粒子不

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  $\gamma$  荧光的量子效率。通过求解系统的速率方程,得到  $\gamma$  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  $\gamma$  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- $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  射线激光,则  $\gamma$  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  $\tau_{21}$  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  $\gamma$  射线强度  $I_{92}$ 。例如,对于能量为 10 千电子伏的  $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\tau_{32}$  情形,此处要求的  $I_{92}$  较低。 $Bu^{181}$  的  $11/2^-$  ( $5.8 \times 10^{-5}$  秒)、 $7/2^+$  ( $3.4 \times 10^{-9}$  秒)、 $5/2^+$  能级,可作为工作系统。同  $\gamma$  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- $\alpha$  射线放大的可能性问题。 $\alpha$  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  $\alpha$  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  $\alpha$  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),  $\alpha$  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,  $\alpha$  粒子的发射过程是穿透势垒的过程,一个  $\alpha$  粒子引起出现两个  $\alpha$  粒子的机构是俘获过程,前者与后者可以没有关联,所以  $\alpha$  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。