

降低费用,只采用了一些普通的技术。这种“首次运转组远非最佳的系统”,仅将裂变碎片动能的4%转换成6150埃的光谱输出,其增益约为0.033/厘米。

在此系统中大部分能量的损失是由于铈螯合物有机部分中的量子机构所致,这种铈螯合物把铈离子激光跃迁所需的能量分走了。

取自 *Microwaves*, 1968, 7, №11, 19

脉冲式纯核激光器

如果脉冲式溶液型反应堆除包含可裂变物质外还包括能产生激光作用的窄谱线闪烁溶质,那末这种反应堆所能产生的高脉冲能量就可用来直接转换成激光。其原理是,捕获热中子之后, U^{235} (通常的形式是可溶解的盐,如 UO_2SO_4) 就分裂成二个高度带电的裂变碎片,他们之间分配180兆电子伏的动能。这些碎片同溶剂碰撞,产生一高能电子簇射,这样逐步降低到较低能量水平(约5电子伏),这能量共振式地传递给闪烁溶质。由于最后的荧光跃迁有适当的量子参数,裂变密度也足够高,激光作用应能产生。

达到激光阈所需要的热中子通量为:

$$T = N_{u(t)} E_n / N_{U^{235}} \sigma \psi E_f \tau,$$

式中 E_n 和 E_f 分别代表光子能量和裂变能量, σ 是 U^{235} 的裂变截面 (5.45×10^{-22} 厘米²), ψ 是能量产额,即裂变与位于激光谱线上的荧光之比,而 τ 是激光跃迁的天然寿命(测得的)。例如,以铈- β 二酮螯合物的有机溶液作激光工作物质,其参量为 $n=1.4$, $\tau=545$ 微秒, $\Delta\lambda=40$ 埃, $\lambda=6150$ 埃, $L=0.02$ /厘米,由此得 $N_{u(t)}=5.9 \times 10^{17}$ /厘米³。设 $\psi=0.01$, 则激光阈值所需要的热中子通量 ($N_{U^{235}}=3 \times 10^{20}$ /厘米³) 为 $T=7.35 \times 10^{15}$ n_阈/厘米²·秒。用脉冲式反应堆能够达到此热中子通量的水平,如试验性沸腾式反应堆动力学研究装置,这是一个18升的装置,能

产生 10^{16} n_阈/厘米²·秒的中心流,同时产生 $\sim 10^7$ 焦耳、长 10^{-3} 秒的能量脉冲。

进一步考虑,具有互溶闪烁体的反应堆的临界条件可由下述“四因子”公式得出:

$$K_{\infty} = n \epsilon p f$$

其中 K_{∞} 是无限大反应堆的再生因子(临界标准是 $K_{\infty} > 1$), n 是每次裂变的有效中子生成率(对 U^{235} 是2.06), ϵ 是快速裂变因子(对均匀反应堆为1.00), p 是中子逃脱共振俘获几率(对试验性沸腾式反应堆动力学研究装置为0.063),而 f 是反应堆临界系统的热中子利用系数,或裂变截面与整个中子吸收截面之比。如果我们用一浓度十倍于阈值数的“激光闪烁体”或 $N(E_{\beta^+})=5.9 \times 10^{18}$ /厘米³,例如苯减速剂和浓度为 3×10^{20} /厘米³ 的 U^{235} ,我们得到在 $f=0.81$, $K_{\infty} \geq 1.05$ (对试验性沸腾式反应堆动力学研究装置的大小而言)。换言之,在均匀裂变驱动的闪烁溶液中,同时存在的激光阈和反应堆临界性是一定可能的。

实验操作如下:将铈氧和噻吩甲酰三氟丙酮-磷酸三丁脂的络合物与铈和噻吩甲酰三氟丙酮-嘧啶的络合物溶解到甲苯中,用充分浓缩过的(98% U^{235}) $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 作原材料。溶液的线宽和寿命用一般方法测定,采用紫外激励。

用0.3兆电子伏的X射线激励溶液,由此确定闪烁产额。在90°C温度下($\Delta\lambda=30$

埃, $\tau=600$ 微秒, $\psi=0.05$), $N_u(t)=1.3 \times 10^{17}$, $N_u(f)=1.6 \times 10^{17}$, 这说明在试验性沸腾式反应堆动力学研究装置的切线上达到阈值是勉强可能的。然后将大约二立方厘米闪烁液体装在冷却的共焦装置内 (96%, 92% Al), 在远处用潜望镜观察使用仪器的地方。裂变后液体的放射化学试验 (Ba^{144} 放射性) 表明, 每一 1.17 毫秒长的每次裂变的密度为 4.6×10^{11} 厘米³, 这表明峰值热中子通量为 $5.6 \times 10^{15} n_{\text{热}}/\text{厘米}^2 \cdot \text{秒}$ 。矫正了气辉

和契连科夫辐射之后, 总的光产额为 0.53 焦耳/厘米³。假定裂变能量是 180 兆电子伏, 在溶液中给出的全部贮存能量是 13.3 焦耳/厘米³, 在 6150 埃处, 裂变碎片动能的光谱输出为 0.04, 根据反应堆条件计算出的溶液增益为 0.033/厘米, 此值或许不够高, 不足以克服溶液的瞬时光学损失。

取自 *IEEE J. Quantum Electron.*, 1968, QE-4, № 5, 379

用冲击管泵浦激光晶体

Smith 等人^[1]在其文章中报导了红宝石棒的非破坏光泵方法, 其阈值为 200 焦耳, 闪光灯是氙灯。圆柱体内的等克分子浓度氟-氧混合气体的爆炸波发生反射之后, 反应产物所辐射出来的能量便是泵浦光。本文描述具相同阈值的红宝石棒的非破坏冲击管泵浦方法, 采用冲击波加热氙气作泵浦源。冲击波是靠激励器气体的燃烧来产生的, 它提供了另一种使化学能直接转换成激光泵浦辐射的方法。

冲击管包括一个长 44 厘米、直径 2.54 厘米的激励部分和一个长 1.2 米、直径 2.54 厘米的被激励部分, 两者中间以一个 0.2 毫米厚的 Mylar 隔膜分开。用最初总压力为 23.6 个大气压的 $0.32H_2 + 0.15O_2 + 0.53He$ 混合气体作激励气体。沿激励管轴向张一根直径 0.025 毫米的钨爆炸丝, 令 14 微法、7 千伏的电容器通过爆炸丝放电, 引燃管中的混合气体。电容器供给的能量为 340 焦耳, 或者比激励器中混合气体燃烧时所释放的化学能小 20%。尽管这能量大于直接泵浦红宝石棒时的电阈值, 须知爆炸丝是能够以化学点火

器(如爆炸管)来代替的。但在目前研究中, 未采用这类装置, 因为这一工作的主要目的是研究冲击管系统的能量转换效率。以上激励器条件在氙激励气体中产生马赫数为 10 的冲击波, 气体的初压为 300 托。将三个得克萨斯仪器公司的 1N2175 光电二极管安置在侧壁内, 相互间隔 11.5 厘米(距隔膜大约 1 米), 测出冲击波的到达时间; 便能决定冲击波速度。激光棒装在被激励部分的末端, 冲击波所加热的氙气(在反射波之后)在这里构成泵浦源。

基于所观察到的波速, 从冲击管气流的气体动力学分析可以决定受冲击的氙气的性质。其结果示于表 1, 说明反射冲击之后的氙气电离了 9%。电离的相应能量表示有效激光泵浦的上限, 它是受到冲击加热的气体的焓的 25%。然而, 由于这辐射能量的光谱间隔大于红宝石的吸收带, 所以不能全部转换成泵浦能量。

用 Farrand 单色仪和 RCA6342A 型光电倍增管进行绝对辐射强度的时间分辨测量, 据此决定了反射回来的冲击加热氙气的