

用负温度高能离子束的相对论多普勒效应 实现从红外到 X 射线连续调谐激光器

李 福 利

(中国科技大学)

Continuously tunable laser from IR to X ray by relativistic Doppler effect of high energy ion beam in negative temperature state

Li Fuli

(China University of Science and Technology)

It is shown that a laser will be continuously tunable from infrared to x-ray by relativistic Doppler effect of high energy ion beam in negative temperature state. The tunable range is $\Delta\nu_T = 2\nu'\beta\gamma$. The threshold and parameters of lasers are considered. The methods to excite ion beam selectively are suggested.

使高能离子束处于粒子数反转, 利用辐射的相对论多普勒效应, 有可能实现从红外到 X 射线的连续调谐激光器, 调谐范围的理论值为 ∞ 。这种激光器在短波范围的亮度将比同步辐射的亮度更高, 发散角将比现在设想的 X 激光的发散角更小。

用高能离子加速器加速离子, 用激光或其他激发源对离子束进行共振激发, 形成粒子数反转。令离子速度为 v , $\beta = v/c$, $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$, 能量散度为 $\Delta E/E$ 。将坐标系 K' 选在离子上, K' 相对于实验室坐标系 K 以速度 v 运动。设离子静止系 K' 中的激光频率为 ν' , 线宽为 $\Delta\nu'$, 脉宽为 $\Delta t'$, 立体发散角为 $\Delta\Omega'$, 单色亮度为 $B'_{\nu'}$ 。在实验室坐标系 K 中, 在离子束前向可收到波长缩短的紫移激光, 在后向可收到波长变长的红移激光, 由相对论变换可求出激光参数

紫移激光

红移激光

$$\nu_1 = \nu' \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \quad \nu_2 = \nu' \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} \quad (1)$$

$$\Delta\nu_1 = \Delta\nu' \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \quad \Delta\nu_2 = \Delta\nu' \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} \quad (2)$$

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad \Delta t_2 = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (3)$$

$$\Delta\Omega_1 = \Delta\Omega' \frac{1-\beta}{1+\beta} \quad \Delta\Omega_2 = \Delta\Omega' \frac{1+\beta}{1-\beta} \quad (4)$$

$$B_{\nu_1} = B'_{\nu'} \frac{(1+\beta)^{3/2}}{(1-\beta)^{1/2}} \quad B_{\nu_2} = B'_{\nu'} \frac{(1-\beta)^{3/2}}{(1+\beta)^{1/2}} \quad (5)$$

若离子速度在 0 到 v 间调节, 激光调谐范围是

$$\Delta\nu_T = \nu_1 - \nu_2 = 2\nu'\beta\gamma \quad (6)$$

例 He^+ 的 $\lambda' = 0.47\mu$, $v = 0-0.99c$,

则 $\Delta\lambda_T = 6.6\mu \sim 332 \text{ \AA}$ 。

收稿日期: 1979年2月21日。

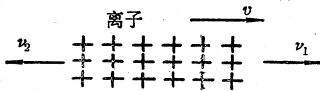


图1 无腔式

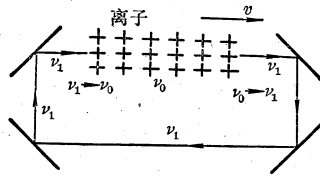


图2 环形腔

若离子静止系中对离子的共振激发频率为 ν_p^* , 在实验室中用频率为 ν_p 的激光泵浦离子, 泵浦光与离子束成 ϕ 角, 离子接收到的泵浦光频率为 $\nu_p' = \nu_p \sqrt{1-\beta^2} / (1+\beta \cos \phi)$, 调

节 ϕ 角即可对泵浦光调谐, 实现对离子束的共振激发, 即

$$\nu_p^* = \nu_p \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1+\beta \cos \phi} \quad (7)$$

在离子静止系中激光阈值条件为 $N_t' = \alpha / \sigma' l'$, α 是损耗, σ' 和 l' 分别是受激辐射截面和离子束长度。在实验室坐标系中, 离子束流强的阈值为

$$j_t = N_t' v / \sqrt{1-\beta^2}, \quad j_t \propto \Delta E / E。$$

可用强流离子枪或离子加速器进行验证试验。聚变用离子加速器将为相对论离子束激光器提供有利条件。负温度高能离子束相干自发辐射也是可能的。

激光照射蜂王试验

通过激光处理培育抗病、能维持强群、高产的蜂群, 探索激光技术在蜜蜂上的应用。

本试验应用 He-Ne 激光和 N₂ 激光处理羽化后 4~5 天处女蜂王和产卵蜂王, 并分二次处理, 第一次于 1977 年 4 月 4 日用 He-Ne 激光照射处女蜂王, 功率为 2 毫瓦/厘米², 设照射 5 分钟、10 分钟和 15 分钟三个组合。第二次于 1977 年 5 月 28 日继续用 He-Ne 激光处理处女蜂王和产卵蜂王, 功率提高至 4 毫瓦/厘米², 统一照射 10 分钟, 还采用 N₂ 激光器处理产卵蜂王与处女蜂王, 设照射 5 分钟和 10 分钟两个组合。

初步结果是第一次用 He-Ne 激光处理的蜂王共七群, 照射后, 放回原群, 工蜂仍接受, 蜂王安全存活, 并交尾成功, 都是在 4 月 7 日产卵。在荔枝花期、桉树花期时子脾较好, 对照组在 5 月中旬巢虫危害较严重, 而处理过的蜂群普遍没发生大的病害。第二次照射处理情况: 28 日处理后放回原群, 一群因工蜂围王死掉, 其他三群接受, 并继续产卵和交尾成功产卵, 其中 77、74 号群在三个花期中, 子脾都较好, 而 15 号群在前二个花期中, 子脾一般, 但冬季花期子脾面比 77、74 号还好。通过两次激光处理后, 还相应在用不同时间和不同激光照射的 15、77 号后

代移虫作第二代育王材料, 这两群分别育出三只蜂王、六只蜂王, 都在出房后一星期左右交尾成功。

分析与讨论:

1. 使用功率 2 毫瓦/厘米² 与 4 毫瓦/厘米² 的 He-Ne 激光与 N₂ 激光处理蜂王是绝对安全的, 经处理的蜂王并能正常交尾, 成功率高, 产卵正常, 并且产卵量有提高, 而且在所测的五项形态指标都有差异, 其中有的是极显著的, 采用那一种功率和时间才能引起对经济价值有益的变异, 尚需试验。

2. 经激光处理的种子、家蚕等, 一般能引起变异, 本试验结果, 照射的蜂王与对照群比较, 亦能引起形态特征的变异。经激光照射的家蚕, 变异发生于 3~4 代, 而我们这次试验只繁殖到子二代的蜂王, 因此还须进行第 3~4 代的观察测定。

3. 本试验蜂群中, 41 号群在三个花期无发病, 特别在冬季花期中, 抗病力表现好, 所以, 激光能否产生抗病力强的蜂群, 还须继续观察。

4. 经处理的蜂王能表现出交尾率高, 产卵的时间整齐, 因此, 育王时能否利用激光处理的办法来育王也可进一步研究。

(广东昆虫研究所资源研究室蜜蜂组)