

喇曼自由电子激光器电子束速度分散度的测量

Abstract: We have measured the velocity spread of the e-beam of our Raman free-electron laser by considering the Larmor motion of electrons in a finite guiding magnetic field. Measurement shows that the axial velocity spread is 0.1%, satisfying the criteria for collective effects to dominate.

我们建造的一台喇曼自由电子激光器已投入运转^[1]。其电子束能量为 0.5 MeV, 束流为 0.1~1 kA。作为该激光器参量研究的一部分, 我们测试了电子束的轴向速度分散度。

为使电子束的集体效应占主导地位(即激光器工作在受激喇曼散射模式), 电子束必须足够“冷”, 其轴向速度分散度 Δv_z 应满足如下判据^[2]:

$$\Delta v_z \ll \lambda_w \omega_p (\gamma - 1) / 4\pi \gamma \gamma_z^2 \quad (1)$$

式中 λ_w 为波荡场周期, $\omega_p = \sqrt{4\pi n e^2 / \gamma m}$ 为等离子体频率, n 为电子密度, e 为电子电荷, m 为电子质量, $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$ 为相对论因子, $\beta = v/c$, v 为电子速度, $\gamma_z = (1 - \beta_z^2)^{-1/2}$, $\beta_z = v_z/c$, c 为光速。

代入器件实际参数 ($\gamma_z \approx \gamma \approx 2$, $\lambda_w = 2.2$ cm, 束流 $I_b = 1$ kA, 实心电子束半径 0.3 cm), 不难算出要求 $\Delta v_z / v_z \ll 1.5\%$ 。也就是说, 轴向速度分散度应当在 0.1% 量级才能满足集体效应判据。强流电子束这样小的分散度很难由常规能谱仪(分辨率一般只有 1%) 测量, 美国海军试验室的 Jackson 等人利用有限引导磁场下电子回旋运动规律, 巧妙地进行了间接测量^[2]。我们是使用这一方法对我们这台自由电子激光器的速度分散度作了定量测量。

在我们的喇曼自由电子激光器中, 电子束发生源是无箱二极管^[3], 主要有参数为: 阳极中心开孔 $\phi 6$ mm, 阴阳极间距 4.7 mm, 阴阳极均用石墨制成。引导磁场在 0~20 kG 范围内可调。为考察电子束分布均匀度, 在漂移管(内径 $\phi 20$ mm, 长 800 mm) 末端安置电子束靶(铝箔、钛箔或酸敏纸), 以直接观察电子束分布花样。在定量测量分散度时, 在二极管出口处衔接一根内径与电子束(阳极孔)直径一样大 ($\phi 6$ mm) 的不锈钢短管(150 mm 长), 其尾部接法拉第杯。改变引导磁场 B_0 , 观察电子束分布花样并测量束流变化, 便得知电子束轴向速度分散度。

不同引导磁场下测得 0.5 MeV 实心电子束在漂移管末端打靶花样的典型结果示于图 1。这是在

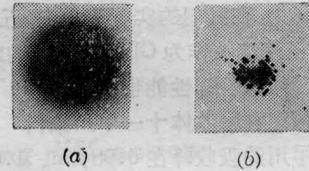


图 1 电子束打靶花样(比例 2:1)
引导磁场: (a) 9 kG; (b) 1.2 kG

酸敏纸上获得的。在铝箔及钛箔上也获得类似的花样。由图 1 可见, 当引导磁场足够大时, 束流分布均匀, 电子束相当准直, 在近 1 m 远处仍能保持离开阳极孔径时的尺寸 ($\phi 6$ mm 圆); 而当引导磁场大幅度降低时, 电子束在靶面处呈现弥散型, 造成这种现象的原因在于, 电子在有限引导磁场 B_0 中的 Larmor 半径 r_L 与 B_0 成反比, 图 1(b) 中 r_L 比 (a) 中大 4.5 倍, 即造成弥散。如果在这种情况下将漂移管半径 r_w 缩小到与电子束半径 r_b 相等, 则原来处于半径 $(r_w - r_L)$ 到 r_w 之间的弥散电子将被处于地电位的不锈钢管壁吸收掉, 而使到达法拉第杯的电子束流下降为 $r_L = 0$ 时 ($B_0 = \infty$ 时) 的 $[(r_w - r_L) / r_w]^2$ 倍。因此用 $\phi 6$ mm 短管末端法拉第杯测试出不同引导磁场取值时的电子束流, 即可求出电子横向速度 v_{\perp} ^[2]:

$$v_{\perp} = \{1 - [I(B_0) / I(\infty)]^{1/2}\} e B_0 r_w / m c \gamma \quad (2)$$

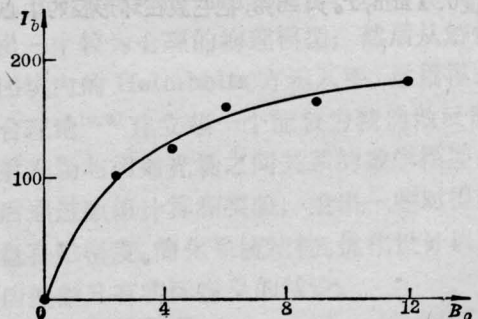


图 2 束流 I_b (A) 与引导磁场 B_0 (kG) 的关系(实测值)

式中 $I(B_0)$ 、 $I(\infty)$ 分别为引导磁场为 B_0 及无穷大时电子束流幅度, r_w 为短管半径(3mm)

从 0 到 12kG 改变 B_0 , 测得的电子束流 I_0 与 B_0 的关系示于图 2。由图可见, 当引导磁场取得较大时, I_0 有饱和的趋势。作为一个近似, 即取(2)式中 $I(\infty)$ 为 $B_0=12\text{kG}$ 时值, 得出

$$\beta_{\perp} = \frac{v_{\perp}}{c} = 5.2 \times 10^{-2}.$$

由此进一步可得出^[2] $4\beta_{\perp}/\beta_z$ 值为 0.89×10^{-3} 近似可取作 1.0×10^{-3} , 满足前面给出的判据。

对于王之江教授总的指导, 深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 褚成等;《中国激光》, 1985, 12, No 12, 767.
- [2] R. H. Jackson *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1983, QE-19, No 3, 346.
- [3] 褚成等;《中国激光》, 1985, 12, No 6, 330.

(中国科学院上海光机所
褚成 陆载通 施瑞根
张立芬 胡煜 施津川
1985年11月28日收稿)

Nd:YAG 激光治疗口腔粘液囊肿 89 例分析

Abstract: Reported here are clinical results of 89 cases of oral mucoceles treated by Nd:YAG laser with satisfactory effect.

一、治疗方法

器械由一台输出功率为 0~60W 可调的 Nd:YAG 激光器、 $\phi 400\mu\text{m}$ 左右的 1~2m 长的单丝石英光纤和一台耦合微调架组成。激光光纤耦合率为 80~90%。使用时光纤末端的输出功率一般为 4~6W。

操作时先对病灶局部进行常规消毒, 并用 2% 利多卡因局麻, 然后进行激光治疗。对于小的囊肿可采用直接接触烧灼气化, 而对大的病灶则如手术一样进行剥离, 再烧灼、气化。去除范围应适宜, 以免复发。最后用生理盐水棉杆清洗。一周内随访 1~2 次, 观察反应、疗效。有时病灶深一些, 在光纤外套上一根玻璃管, 使操作更加正确。

二、结果与讨论

结果: 89 例 91 个病灶经激光烧灼气化后, 囊肿全部消失, 但其中 4 例在 1 个月内复发, 再次治疗而消失。全部病例经过半年至二年随访, 未再复发, 伤口愈合良好, 无痕。

治疗后反应: 局部轻微疼痛 18~24 小时内自

止, 此外无甚不适; 创面在第 3~4 天出现新鲜肉芽, 第 6~7 天自行愈合, 其间不影响咀嚼功能; 激光治疗过程中不出血, 感染现象极少而轻微, 一般不必用抗菌素和止痛药。

虽然治疗粘液囊肿的方法有多种, 但无论采用哪种方法治疗, 复发问题至今仍未全部解决。本文报告采用中功率 Nd:YAG 激光治疗, 具有方法简便, 疗效肯定, 损伤小, 愈合快, 复发率较低等优点。本组有 4 例复发, 系在开始此治疗方法时缺乏经验, 经改进后未再复发。

另外, 利用光纤作导光系统具有灵巧方便, 运用自如的优点, 只要使用时, 功率控制得当, (一般 4~6W), 随时调整光纤与病灶角度使之适度, 即可既达到彻底根除病灶, 又能使周围组织损害控制在最小限度之内。

(上海市黄浦区中心医院医疗激光研究室、

口腔科 莫维振 姚美然 庄悦祥

马美荣 程丽征

1986年5月2日收稿)