

## 自由电子激光器引导场的研制与实验

**Abstract:** This paper presents the development and experiment of pulsed magnets of FEL. The magnet can offer 0-20 kG magnetic field and the lifetime is very long. Experiments have shown that its field uniformity is 0.011% in the area of  $\phi 14$  mm along Z-axis from +400 to -400mm (centre point is zero).

### 一、前言

自由电子激光器目前面临一个重要问题乃是如何提高能量转换效率。虽然理论上预示它的能量转换效率可以高达50%，然而，实际获得几乎低一个量级。为此，科学工作者目前主要围绕这一目标进行工作，除了选择合适的 Wiggler 结构参数之外，在空间周期磁场下再迭加一个适当均匀磁场也可以提高激光器的增益，这是由于均匀磁场能引起回旋共振的结果<sup>[1]</sup>。

### 二、磁体结构

根据 FEL 总体要求，该磁体的内径为  $\phi 149$ ，长度为 1120 mm，图 1 表示磁体的横剖面，该磁体系由

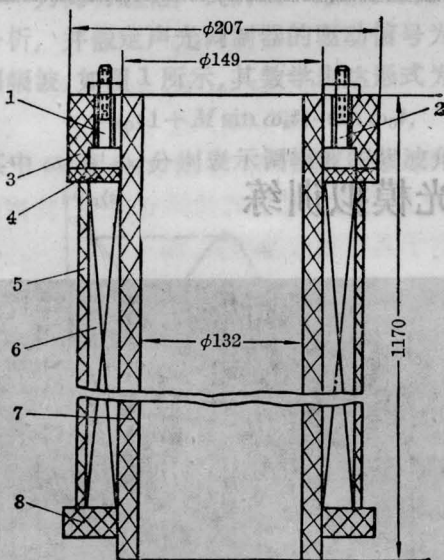


图 1 磁体横剖面图

- 1—内引线柱；2—外引线柱；3—后端板；  
4—夹板；5—绕组绝缘；6—绕组；  
7—衬筒；8—前端板

QXY/QZY 1.6×9，漆包扁铜线绕成，共四层，每层 122 匝。采用大截面扁线主要是考虑在保证一定的电感值下有较小的电阻，以便磁体在室温下工作有好的热稳定性。为了减少单元导体工艺偏差及放电时电力位移所造成的对磁体均匀度的影响，须采用适当的匝数，并在层间加含热固性环氧的粉云母带。由于磁体层数较少，故层间电压较高，为防止层间电击穿，在层间除 594 云母带外需加强绝缘，故在层间填充特种强力胶和聚酰亚胺薄膜。磁体两端的过渡螺旋角空隙是影响磁体机械稳定的另一因素，这可以用环氧涤纶适性材料在绕制时预补、加热后固化的办法来加以解决。

磁体引出部的机械性能是磁体结构的关键部位，许多磁体的破坏往往是由引出部的处理不当开始。引出部在脉冲期间的任何动摇轻则影响二端部磁场的位形，重则将影响磁体的试验寿命。

磁体的绕制是在一定的预应力下进行的，绝缘物和单元导体带的排列十分精细，使之结构紧密符合设计优化的空间安排。体绝缘的处理除了考虑能经受脉冲电压外还得考虑磁体的径向扩张电动力，我们用高强度无纬玻璃丝带进行加固<sup>[2]</sup>。

磁体的基本参数如下

磁体内径： $\phi 149$

磁体外径： $\phi 167.6$

磁体长度：1120

填充因子：0.75

匝数：122×4

线规：1.6×9 QXY/QZY

电阻：0.29  $\Omega$

电感：4.36 mH

均匀度：在  $\phi 14$  内  $\epsilon_{\max} < 0.011\%$

在  $-400 \sim 400$  mm  $\epsilon_{\max} < 4.4\%$

最大磁场:  $2T0_e$  连续可调  
 脉冲持续时间:  $29ms(C=19.2mF$  时)

三、磁体试验  
 FEL 脉冲磁体的试验框图如下。

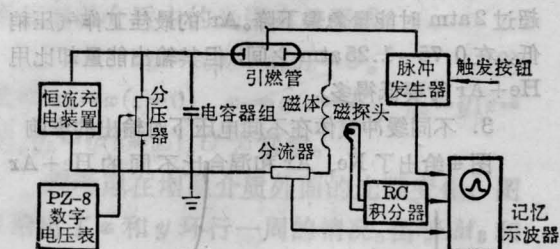


图 2 自由电子激光器脉冲磁体试验框图

试验所用的电容器组总容量  $19.2mF$ , 相应于最大磁场的电压为  $3640V$ , 对应于最大磁场时的磁体储能为  $4.22 \times 10^4$ ; 适当选择主回路的电磁参数

$$\left[ 2\sqrt{\frac{C}{L}} \gg r \right]$$

可使回路中的主电流及磁场波形呈正弦波形式。这一技术设想的重要之点是可以脉冲场代替稳态场, 从而大大简化设备, 缩短研制周期, 节约大量的投资。

实验回路电流由无感分流器测定, 它的阻值标定为  $15 \times 10^{-6} \Omega$ 。精度为  $1\%$ , 磁场峰值由磁探针测得, 该探针系一机部哈尔滨电工仪表所研制的强磁场测量仪的附件, 其精度为  $1\%$ , 其  $N_s$  值为  $500cm^2$ , 磁场信号经积分器积分输入记忆示波器 (7623 A) 拍照, 高压电容器的放电电压经分压器分压后由数字电压表监测。

为了检测磁体的轴向及径向均匀度, 我们先将探针位置在轴向上分别移动  $\pm 10cm$  及  $\pm 40cm$ , 然后再将探针在径向上从磁体轴心上移至线圈的玻璃角内壁处 (离磁体内壁  $10mm$ , 即在离磁体中心轴  $50 \sim 60mm$  处) 分别观察磁体的磁场值。在记忆示波器中无明显变化, 说明磁体均匀度良好。

这台磁体已被上海光机所王之江等同志成功地使用于国内第一台喇曼自由电子激光器上。

### 参 考 文 献

- [1] 雷仕湛等;《激光科学与技术》, 1984, No. 3.
- [2] 施嘉标等;《核科学与工程》, 1984, 4, No. 2, 163.

(中国科学院等离子体物理研究所  
 强磁场研究室 施嘉标 潘引年 王伟  
 1986年1月24日收稿)

## 预电离可调气体循环实用化准分子激光器的实验研究

**Abstract:** The effects of preionisation slit width and different buffer gases on the excimer laser output are reported. A comparison of laser outputs with and without gas cycle has been made.

### 一、引言

我们曾报道过紫外预电离与主放电同轴型结构的实用准分子激光器的结构及实验结果<sup>[1]</sup>。本文对该器件作了改进, 在预电离室内安装了一对可调节狭缝装置, 让预电离体积可调。结果使得输出性能得以改善。

### 二、实验装置

激光器腔体及可调狭缝截面示于图1。腔体为凸型结构, 主要由上、中、下盖及绝缘框架组成。上盖为预电离室, 中下盖之间为主放电室。上盖中间有一排间隔均匀的不锈钢放电针, 直径  $2mm$ , 长  $40mm$ , 外面用瓷管绝缘。针的下端为平面。每根针要与不锈钢片的圆孔严格水平和同心, 构成同心圆火花隙。中盖蒙有一层  $200$  目/ $cm^2$  不锈钢网状电

极。在网状电极与不锈钢片之间安置一对长  $560mm$ 、宽  $10mm$ 、厚  $1mm$  的 L 型不锈钢条作可调节狭缝, 通过传动杆和分度旋钮来调节两不锈钢条之间的距离。传动杆与上盖之间采用滑动密封, 在旋转时器件内真空度仍大于  $3 \times 10^{-2}$  Torr, 大于  $3atm$  时不漏气。主放电电极分别由网状电极和 R 电极组成。闭合循环系统示意图如图 2 所示。

### 三、实验结果和分析

#### 1. 预电离狭缝宽度的变化对输出的影响

表 1 给出了狭缝宽度在  $1 \sim 8mm$  之间时输出能量的变化。由表 1 的数值可以看到, 狭缝最大宽度与最小宽度时的能量值相差一倍左右。我们认为, 调节狭缝宽度时, 预电离体积和预电离电子密度虽有所变化, 但只要预电离强度足以维持主放电均匀点