

用前腔面“泄漏激光”作为监控信号的 AlGaAs/GaAs 光纤耦合激光器

谢 黄 海

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文报导用前腔面“泄漏激光”作为监控信号的新方法。这种分光方式没有插入损失,跟踪线性。初步结果表明,它能满足目前通信系统自动光功率控制的要求。

AlGaAs/GaAs fiber-coupler laser using front-mirror leaked light for feedback control

Xie Huanghai

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: This paper reports a new method using front-mirror leaked light for feedback control. It has no insertion loss and is able to track linearly. Preliminary results show that it can meet the needs of automatic light power control for present fiber communication systems.

一、引 言

目前激光通信的光源通常是 AlGaAs/GaAs 双异质结激光器。为使激光输出不随温度、器件老化而变化,常采用自动反馈光功率控制电路,一般从激光器分出一部分光束作为电路的监控信号。有两种分光方式取出监控信号,一种是从后腔面出射的激光束中选取^[1],但由于前后两个腔面出射激光束不完全对称,因此控制精度低。另一种方法是在光纤中间安放一个“分束器”,分出一部分光束作为监控信号^[2]。这种方法虽有高的控制精度,但由于多了一个分束器,使主光束

减少。

这里提出用前腔面“泄漏激光”作为监控信号的方法,原理如图 1 所示。初步结果表明,采用平均功率自动光反馈控制,在常温下,光输出幅度变化只有 2%。当温度从 0°C 变到 32°C 时,出纤光功率仅变化 1~2 分贝。

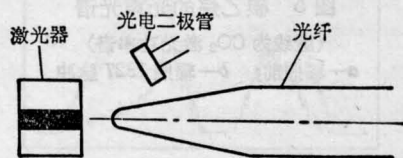


图 1 用前腔面“泄漏激光”分光的示意图

收稿日期: 1981 年 11 月 20 日。

二、原 理

AlGaAs/GaAs 双异质结光纤耦合激光器中,总存在一部分激光束不能耦合入光纤,泄漏在光纤外面。图2是1厘米长的光纤与激光器耦合时,用红外变象管观察远场的照片,光纤的耦合透镜采用去包层半球透镜。照片的中心亮区是从光纤耦合出来的激光,外面一圈是泄漏在光纤周围的光束。若将一个光电二极管如图1所示那样放置,让它接收这些泄漏激光,转换成电信号,作为监控信号。那么,只要激光束空间分布保持不变,光纤的输出和光电二极管的监控信号都按一定比例变化。它们的跟踪是线性的。

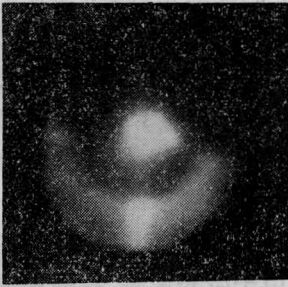


图2 半导体激光器与1厘米长光纤耦合之后的远场照片

三、器 件 结 构

用前腔面“泄漏激光”作为监控信号的AlGaAs/GaAs 双异质结光纤耦合激光器,其结构如图3所示。

AlGaAs/GaAs 双异质结激光器是本所试制的质子轰击条型激光器^[3],条宽为15微米,室温连续振荡阈值电流为50~150毫安。发射波长为8200~8500 Å,光谱半宽 $<20\text{Å}$,激光功率(线性部分)大于3毫瓦,并经短期老化试验,证明无快速退化现象。选择这样的激光器作为光纤耦合用的激光器。

光纤是上海新沪玻璃厂出品的梯度型多

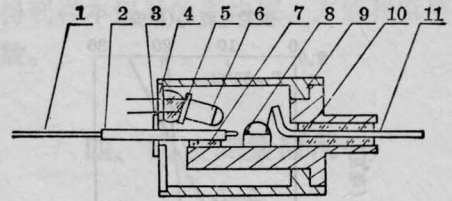


图3 器件结构示意图

- 1—光纤; 2—可伐套管; 3—封口盖板;
4—接收器座; 5、7—环氧树脂; 6—接收器;
8—激光器; 9—外壳; 10—底座; 11—电极

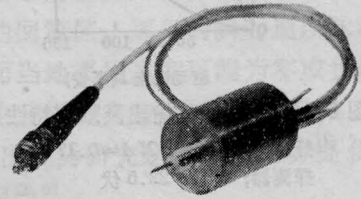


图4 器件实物外形照片

模石英光纤。其外径为150微米,纤芯为60微米,数值孔径为0.17。耦合用的纤维端面透镜采用去包层的球锥透镜^[4]。

将光纤与激光器耦合,光电二极管固定在接收器座4上,按图3放入,调节光电二极管的位置,使光电二极管的光电流为最大,并用 $x-y$ 函数记录仪检查跟踪特性,用室温胶SW-3固定,最后将光纤耦合激光器充氮密封。图4就是这种器件外形的照片。

四、器 件 性 能

有监控信号的光纤耦合激光器,除了保留激光器原来一些特性外,还有下列一些特性。

1. 输出特性

指的是出纤光功率与驱动电流之间的关系,如图5所示。与普通的光纤耦合激光器相同。出纤光功率在1毫瓦之内保持线性,不发生扭折。出纤光功率的大小取决于激光器本身输出光功率和光纤耦合效率,与光电二极管放置无关。因此,没有插入损失。

2. 监控信号

为了便于使用者挑选,我们使用了PIN

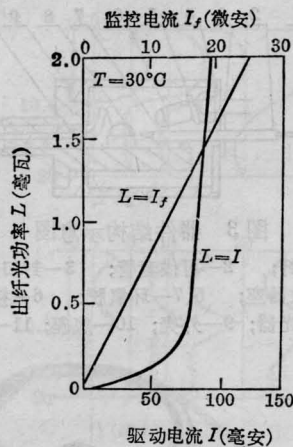


图5 428* 器件的输出及跟踪特性
纤芯为 60 微米; $NA=0.17$
探测器; 2CU-22.5 伏

硅光电二极管, 2CU 光敏二极管, 3DU 光敏管和硅太阳电池作为泄漏激光接收元件。当主光束功率输出 1 毫瓦, 光电二极管外加 22.5 伏反向偏压时, PIN 硅光电二极管、2CU 光敏二极管的监控信号大于 10 微安, 2CU 的比 PIN 要大一些。而 3DU 光敏管则为 1 毫安。硅太阳电池在 2 千欧取样电阻上输出的电压为 30 毫伏左右。监控信号的大小主要取决于泄漏激光功率、光接收器的灵敏度、接收器面积以及接收器与激光器的相对位置(即耦合情况)。

3. 跟踪特性

跟踪指的是监控信号直接比例于出纤光功率的能力。监控信号与出纤光功率的关系曲线, 我们称为跟踪特性。图 5 画出了 428* 器件的跟踪特性, 接收器为 2CU 光敏二极管, 外加 22.5 伏反向偏置电压。最简单的光功率自动反馈控制是采用控制预偏置电流的方法, 原理电路如图 6 所示。半导体激光器 LD 驱动电流由偏置电流和调制电流(信号)组成, 而偏置电流受光功率自动控制电路(下称 APC 电路)控制, 达到光功率控制目的。APC 电路原理与电压稳定电路相类似。它由取样信号(即监控信号)、基准功率、比较放大器等组成。当激光器光功率不变时, 监控

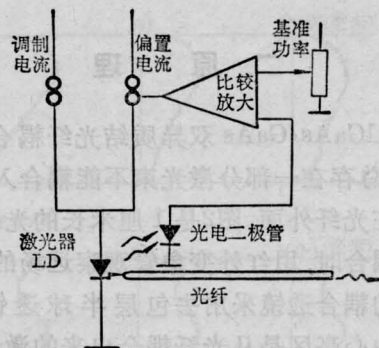


图6 光功率自动控制原理电路

信号 I_f 也不变, APC 电路达到平衡, 而偏置电流不变, 则激光器稳定输出。当激光器老化时, 激光器阈值电流增加, 如果偏置电流不变, 则激光器光功率下降, 若激光器与光纤耦合效率不变的话, 则出纤光功率减少 ΔL 。同时根据 [1], 泄漏激光减少, 监控信号也相应减少 ΔI_f , 而基准信号仍然不变, 则比较放大器就输出信号, 控制偏置电流, 达到激光器光功率增加的目的。由于 APC 电路中比较放大器常采用线性电路, 因此要求监控信号不但能跟踪, 而且还要求跟踪线性。一般来说, 接收器面积小一些, 容易做到跟踪线性, 接收器面积大, 由于荧光影响, 线性稍差一些。

如果激光器输出特性发生扭折, 说明激光器模式发生变化, 光束空间分布变化了, 则跟踪特性也要发生扭折, 呈现非线性。

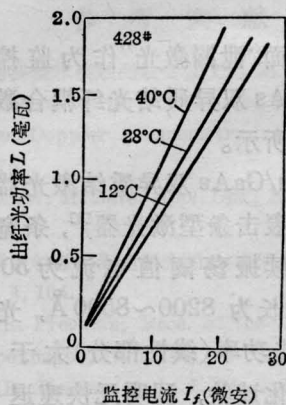


图7 不同温度的跟踪特性

纤芯为 60 微米; $NA=0.17$; 接收器: 2CU-22.5 伏

(下转第 642 页)

$$\omega_n = \frac{2n+1}{\lambda_g} \pi \beta_y c \quad (20)$$

把(19)式代入(14)式, 便可以得到电子运动能量变化的方程:

$$\frac{dr}{dt} = \frac{-aA}{2} \left(\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \times [e^{-i[\omega_r(1-\beta_y)t - \omega_n t + \phi]} - e^{-i[\omega_r(1-\beta_y)t + \omega_n t + \phi]}] \right) \quad (21)$$

由(21)式我们看到, 电子能量按时间平均值将等于零, 除非频率 ω_r 和 ω_n 满足如下的关系:

$$\omega_r(1-\beta_y) = \omega_n \quad (22)$$

这也就是说, 对于满足条件(22)的辐射频率, 它才会使电子的能量产生纯增益, 或者使电子能量减少。或者说, 只有满足方程(22)的频率, 才可以用来做光子加速器的动力, 或者作自由电子激光器的振荡频率。至于是使相对论电子能量增加, 还是减少, 这决定于光波与相对论电子振动运动之间的位相关系。关

于这一点, 我们将另文详细讨论。

当 $A=0$ 时, 即在没有静态磁场时, 由(17)式得:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (r\beta_z)^2 &= r_0(1-\beta_0)(r-r_0) \\ r\beta_z &= \sqrt{2r_0(1-\beta_0)(r-r_0)} \quad (23) \end{aligned}$$

把(23)式代入(14)式, 我们可以得到在这种条件下电子能量的变化规律:

$$\frac{dr}{dt} = -\frac{a}{r} \sqrt{2r_0(1-\beta_0)(r-r_0)} \times e^{i[\omega_r(1-\beta_y)t + \phi]} \quad (24)$$

由(24)式可看到, 电子的能量按时间的平均值将等于零。这说明, 要建立光子加速器或自由电子激光器, 引入静态周期磁场是必要条件之一。

参 考 文 献

- [1] H. Motz; *J. Appl. Phys.*, 1951, **22**, 527.
[2] L. R. Elia *et al.*; *Phys. Rev. Lett.*, 1976, **36**, 717.

(上接第 656 页)

4. 跟踪温度特性

跟踪温度特性是指跟踪特性的斜率随温度的关系。由于接收器灵敏度随温度变化等原因, 跟踪特性的斜率也要随温度变化, 这个变化会影响光纤耦合激光器的光功率随温度变化的自动控制精度。使用的接收器不同, 跟踪的温度特性也不同。当温度变化 10°C , 则 PIN 硅光电二极管和硅太阳电池的跟踪特性的斜率大约变化 $\pm 3\%$, 2CU 光敏二极管大约变化 $\pm 10\%$, 而 3DU 光敏管大约变化 $\pm 11\%$ 。当然, 要做到这个斜率不随温度变化是不大可能的, 但是如果采用单模激光器和灵敏度温度系数小的接收器, 进一步改

进制备工艺和器件结构, 相信跟踪温度特性会得到改善。图 7 画出了 428# 器件从 $12\sim 40^\circ\text{C}$ 时的跟踪特性。

本工作得到杨姮彩先生, 金志良、张银女、单振国等全室同志大力支持; 本器件中 PIN 硅光电二极管由邮电部 519 厂提供; 四机部 1934 所高孝刚同志, 734 厂杨俊明、邱培曦同志提供使用初步结果, 对此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] P. W. Shunate; *BSTJ*, 1978, **57**, 1823.
[2] M. A. Karr *et al.*; *Appl. Opt.*, 1978, **17**, 2215.
[3] 金志良, 陈新之, 《半导体光电》, 1981, No2, 130.
[4] 谢黄海; 《激光》, 1982, **9**, No. 1, 20.