

半导体激光二极管组件测试方法

本标准参照采用国际电工委员会(IEC)所制订的标准 IEC 747-5—1984《半导体器件 分立器件 第5部分:光电子器件》中的有关规定。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了半导体激光二极管组件光电参数的测试项目及测试方法。
本标准适用于半导体激光二极管组件光电参数测试。

2 术语和符号

2.1 与特性有关的术语

2.1.1 阈值电流

半导体激光二极管产生激光发射所需的最小驱动电流。

2.1.2 输出光功率

半导体激光二极管在规定工作电流下,以辐射形式发射的光功率。

2.1.3 额定输出光功率

在保证激光二极管性能可靠的前提下,能连续稳定工作的光功率。

2.1.4 外微分量子效率

在阈值电流以上,单位时间内输出的光子变化量与引起此变化的注入电子数变化量之比。

2.1.5 峰值波长

在发射光谱范围内,辐射强度最大的波长。

2.1.6 辐射光谱宽度

辐射强度最大值的一半所对应的光谱全宽(FWHM)。

2.1.7 斜率

在光功率-正向电流曲线上,求出额定功率 Φ_0 和与其相对的正向电流 I_{tot} ,并同时找出阈值电流 I_{th} 及其对应光功率 Φ_{th} ,此时斜率可由下式求出:斜率 = $(\Phi_0 - \Phi_{\text{th}}) / (I_{\text{tot}} - I_{\text{th}})$

2.2 符号

如下表所述:

名称与命名	文字符号	名称与命名	文字符号
正向电压	V_F	外微分量子效率	η_D
探测器监控电流	I_{mop}	峰值发射波长	λ_p
正向电流	I_F	辐射光谱宽度	$\Delta\lambda$
反向电流	I_R	上升时间	t_r
微分电阻	R_d	延迟时间	t_d
阈值电流	I_{th}	存贮时间	t_s
光功率	Φ	下降时间	t_f
消光比	ξ	相对噪声谱密度	RIN
截止频率	f_c	噪声功率	N
温度	T		

3 测试内容

3.1 正向电压 V_F

3.1.1 目的

测量激光二极管组件在额定输出光功率 Φ_0 处的压降。

3.1.2 测试原理图(见图 1)

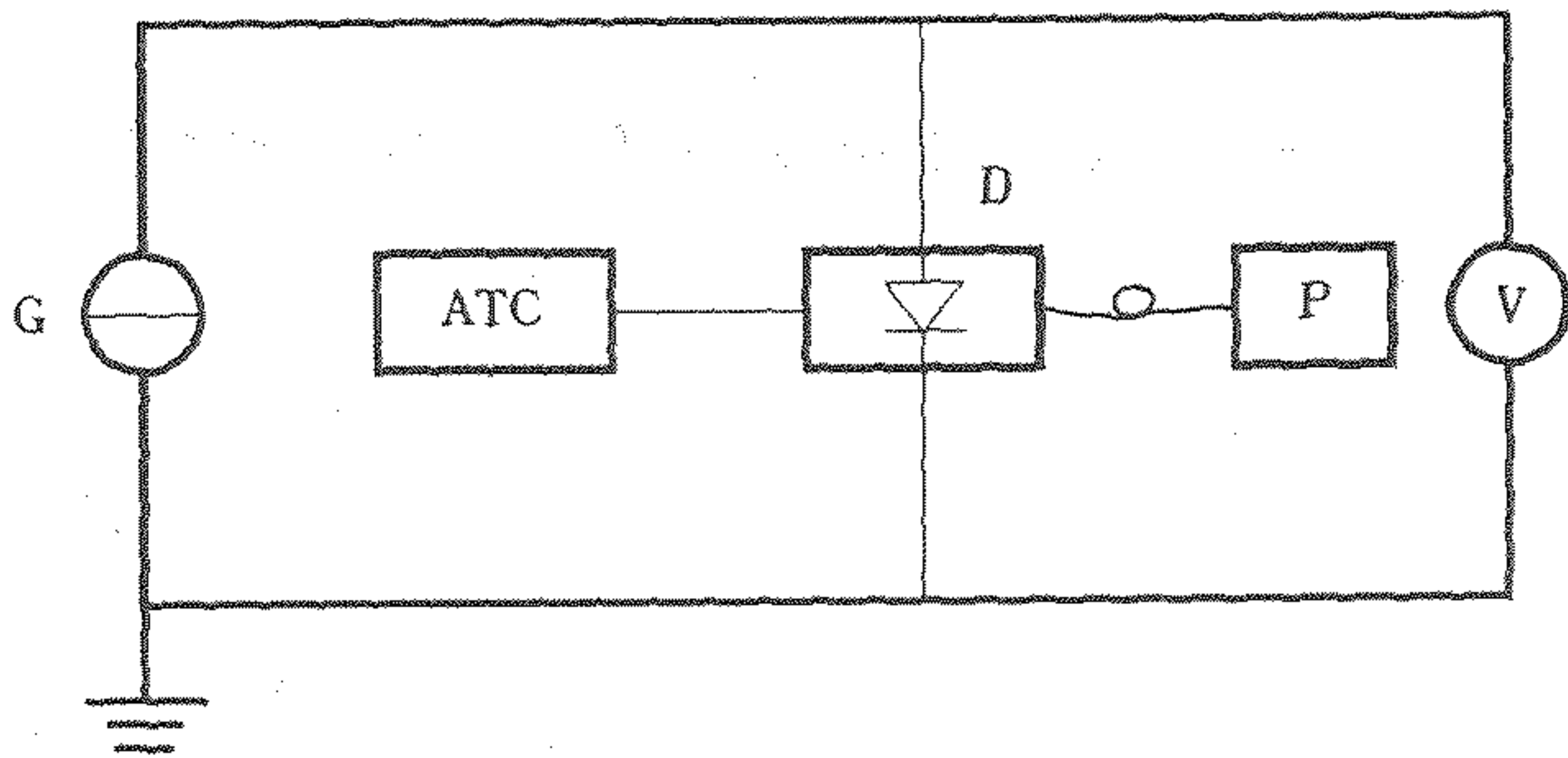


图 1

3.1.3 原理图说明

D:被测激光二极管;

ATC:自动温度控制装置;

G:直流电流源;

V:电压表;

P:光功率计。

3.1.4 测试方法

给被测激光二极管组件施加对应于光功率为 Φ_0 的电流,测量其两端电压。

3.1.5 测试条件

- a. 额定输出光功率 Φ_0 ;
- b. ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C 。

3.2 正向电流

3.2.1 目的

测量激光二极管组件在额定输出光功率 Φ_0 处的电流。

3.2.2 测试原理图(见图 2)

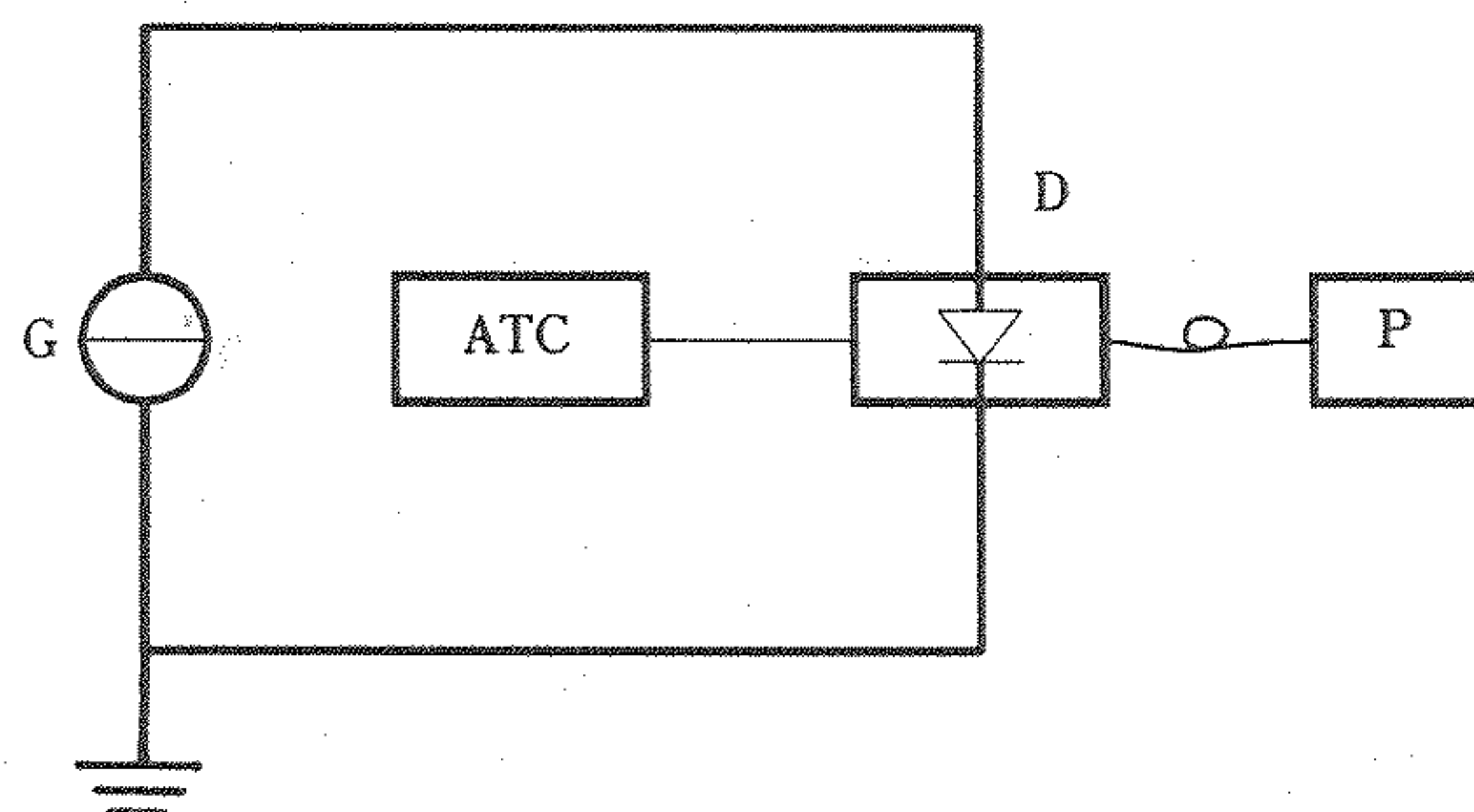


图 2

3.2.3 原理图说明

- D: 被测激光二极管;
 ATC: 自动温度控制装置;
 G: 直流电流源;
 P: 光功率计。

3.2.4 测试方法

给被测器件施加直流偏置,使其辐射输出的光功率 Φ 达到规定的额定值,则此时的电流即为正向电流。

3.2.5 测试条件

- a. 额定输出光功率 Φ_0 ;
- b. ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C 。

3.3 阈值电流 I_{th}

3.3.1 测量激光二极管产生激光发射所需的最小驱动电流值。

3.3.2 测试原理图

测试原理图见图 2。

3.3.3 原理图说明

见 3.2.3 条。

3.3.4 测试方法

在规定范围内,给被测器件施加直流偏置,并记录激光二极管辐射光功率和正向电流间的关系,并在笛卡尔坐标上绘出光功率-正向电流曲线。

3.3.4.1 计算方法 1

在光功率-正向电流曲线上分别作出荧光辐射段与激光辐射段的切线,其交点所对应的电流值即为被测激光二极管的阈值电流值(见图 3)。

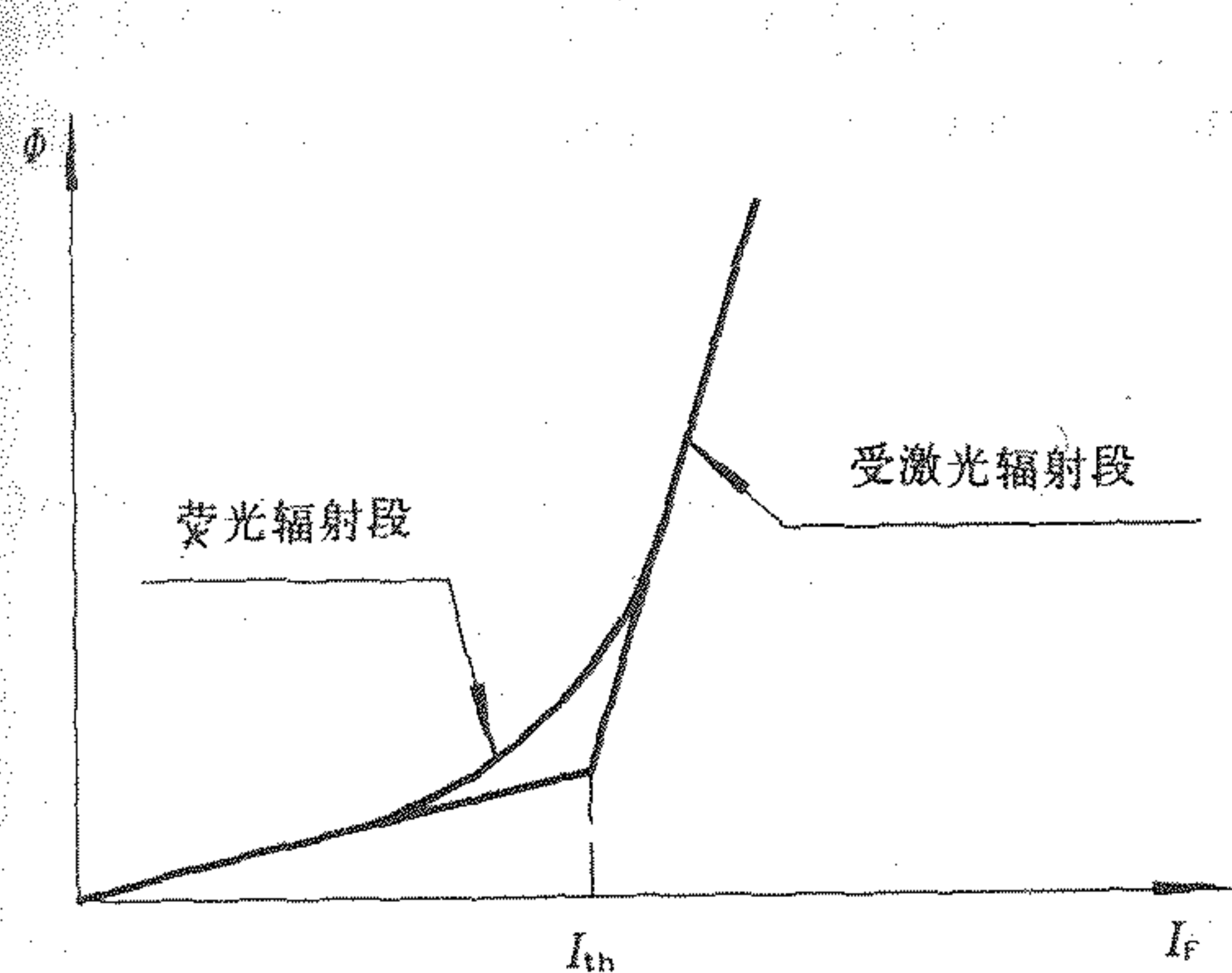


图 3

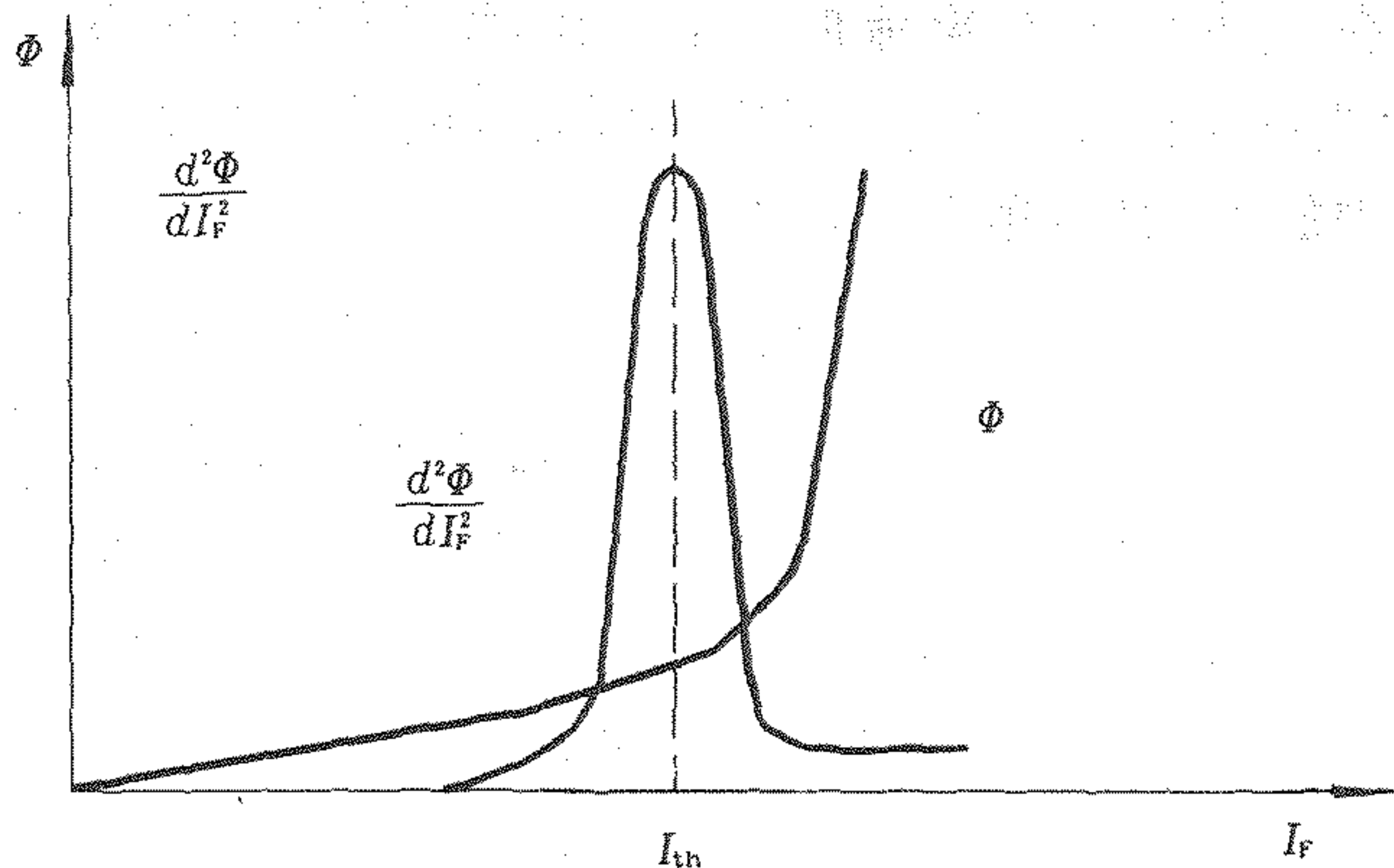


图 4

3.3.4.2 计算方法 2

在光功率(Φ)-正向电流(I_F)曲线上作出输出辐射光功率对正向电流的二阶导数曲线,该曲线上出现第一个极大值点所对应的正向电流即为阈值电流 I_{th} (见图 4)。

3.3.5 测试条件

- ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C ;
- 脉冲测量时,应注明驱动电流的频率和脉冲宽度以及幅值。

3.4 激光二极管组件输出光功率-正向电流特性

3.4.1 目的

测量激光二极管组件在不同电流下的辐射光功率,并给出光功率-正向电流特性曲线。

3.4.2 测试原理图

测试原理图见图 2。

3.4.3 原理图说明

见 3.2.3 条。

3.4.4 测试方法

给被测器件增加直流偏置电流,并记录激光二极管组件辐射功率与对应正向电流值,在笛卡尔坐标上绘出光功率-正向电流曲线。

3.4.5 测试条件

- ATC 应使激光二极管热沉温度处于 25°C ;
- 脉冲测量时,在给定的脉冲重复频率和脉冲宽度下,测量脉冲峰值光功率和脉冲峰值电流的关系。

3.5 激光二极管组件输出光功率线性度

3.5.1 目的

测量激光二极管组件 Φ - I_F 曲线饱和前激光辐射段的线性度。

3.5.2 测试原理图

测试原理图见图 2。

3.5.3 原理图说明

见 3.2.3 条。

3.5.4 测试方法

给被测激光二极管组件增加直流偏置,并记录激光二极管组件辐射光功率与正向电流的关系,在笛

卡尔坐标上绘出光功率-正向电流曲线。

3.5.5 计算方法

在光功率-正向电流曲线上找出额定输出光功率 Φ_0 与其对应的正向电流 $I_{th} + I_{mod}$ ，然后向下线性延伸到正向电流为 $I_{th} + 10\% I_{mod}$ 所对应的功率点 Φ_t ，由下列公式算出光功率线性度(功率线性度应为计算值中的最大值，用百分比表示)：

$$\text{光功率线性度} = \frac{\Delta\Phi_{\max}}{\Phi_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

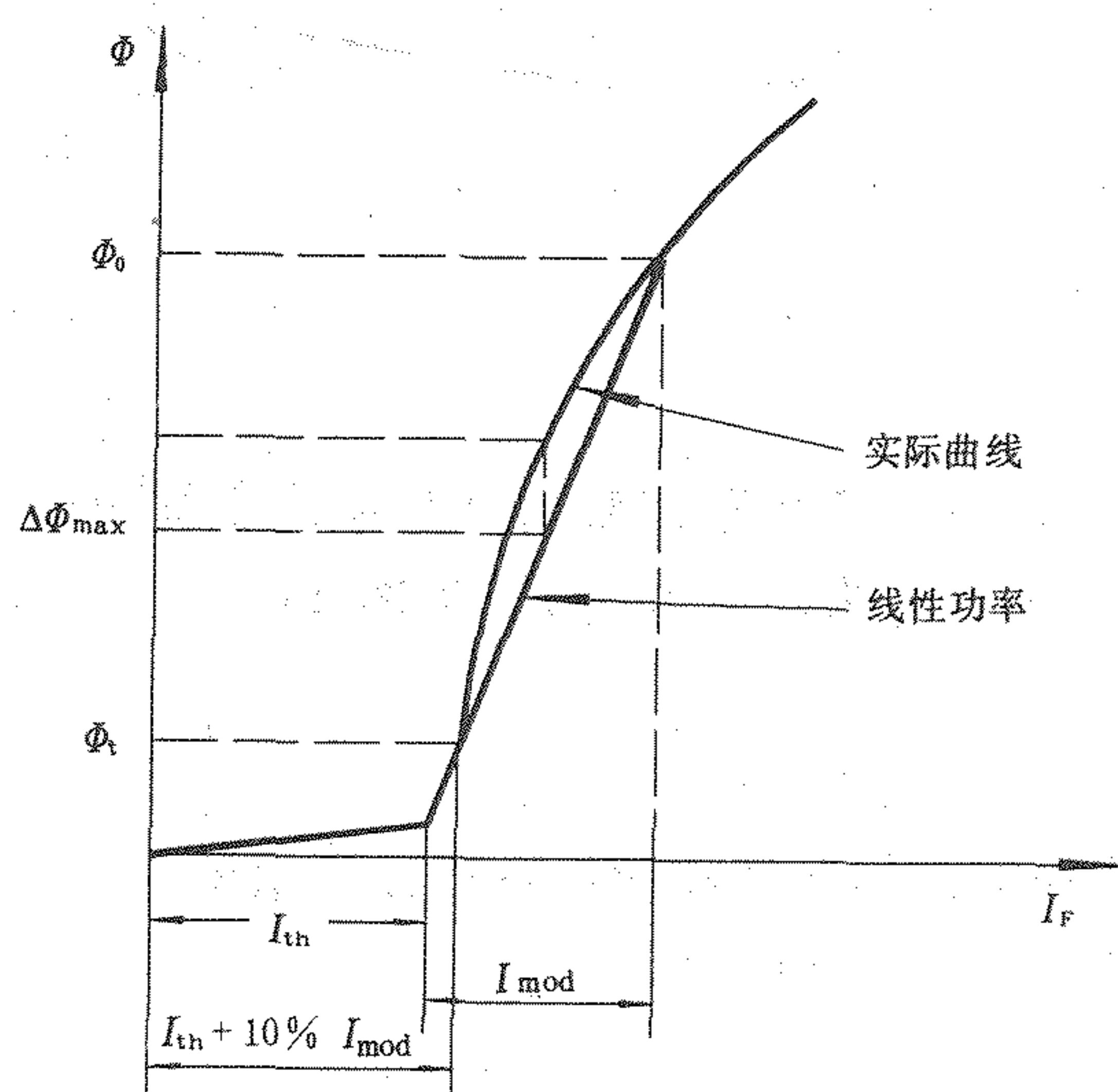


图 5

3.5.6 测试条件

ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25℃。

3.6 消光比 ξ

3.6.1 目的

测量激光二极管组件额定输出光功率 Φ_0 与阈值电流 I_{th} 所对应的输出光功率 Φ_{th} 之比的分贝数。

3.6.2 测试原理图(见图 2)

3.6.3 原理图说明

见 3.2.3 条。

3.6.4 测试方法

给被测激光二极管组件施加电流到阈值和额定功率点，并分别测量其相对应的输出光功率 Φ_{th} 和 Φ_0 。

3.6.5 消光比的计算

额定输出光功率 Φ_0 与阈值电流 I_{th} 所对应的输出光功率 Φ_{th} 之比的分贝数。

$$\xi = 10\lg(\Phi_0/\Phi_{th})(\text{dB}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

3.6.6 测试条件

ATC 应使激光二极管热沉温度处于 25℃。

3.7 激光二极管组件正向电压 V_F -正向电流 I_F 特性曲线

3.7.1 目的

测量激光二极管组件在不同电流下的正向电压,并给出电压 V_F -电流 I_F 特性曲线。

3.7.2 测试原理图(见图 6)

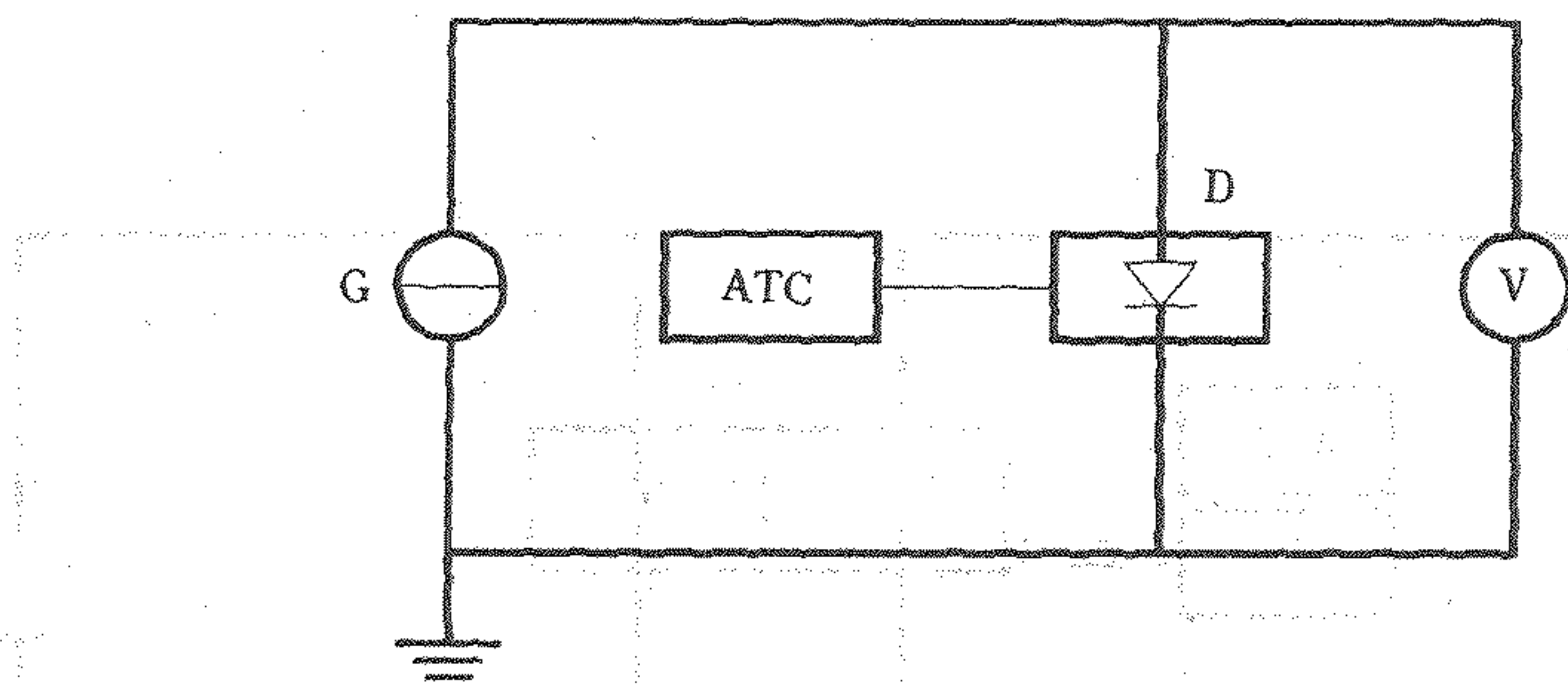


图 6

3.7.3 原理图说明

D:被测激光二极管;

ATC:自动温度控制装置;

G:直流电流源;

V:电压表。

3.7.4 测试方法

给被测激光二极管组件增加直流偏置电流,并记录激光二极管组件两端电压与对应的正向电流值,在笛卡尔坐标上绘出电压 V_F -正向电流 I_F 曲线。

3.7.5 测试条件

ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C 。

3.8 微分电阻 R_d

3.8.1 目的

测量激光二极管组件的微分电阻。

3.8.2 测试原理图(见图 6)

3.8.3 原理图说明

见 3.7.3 条。

3.8.4 测试方法

在规定范围内,给被测器件施加直流偏置电流,同时监视其两端之间电压,在笛卡尔坐标上作电流-电压曲线。

在电流-电压曲线的线性范围内找出两个邻近的电流工作点 I_1 、 I_2 ,及相对应的电压点 V_1 、 V_2 ,微分电阻可由下式计算:

$$R_d = \Delta V / \Delta I \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: $\Delta V = V_2 - V_1$;

$\Delta I = I_2 - I_1$ 。

3.8.5 测试条件

ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C 。

3.9 探测器监控光电流 I_{mop} -激光二极管组件输出光功率 Φ 特性曲线

3.9.1 目的

测量探测器在激光二极管组件不同的输出光功率下的监控电流 I_{mop} , 并绘出监控电流 I_{mop} -激光二极管组件输出光功率 Φ 的特性曲线。

3.9.2 测试原理图(见图 7)

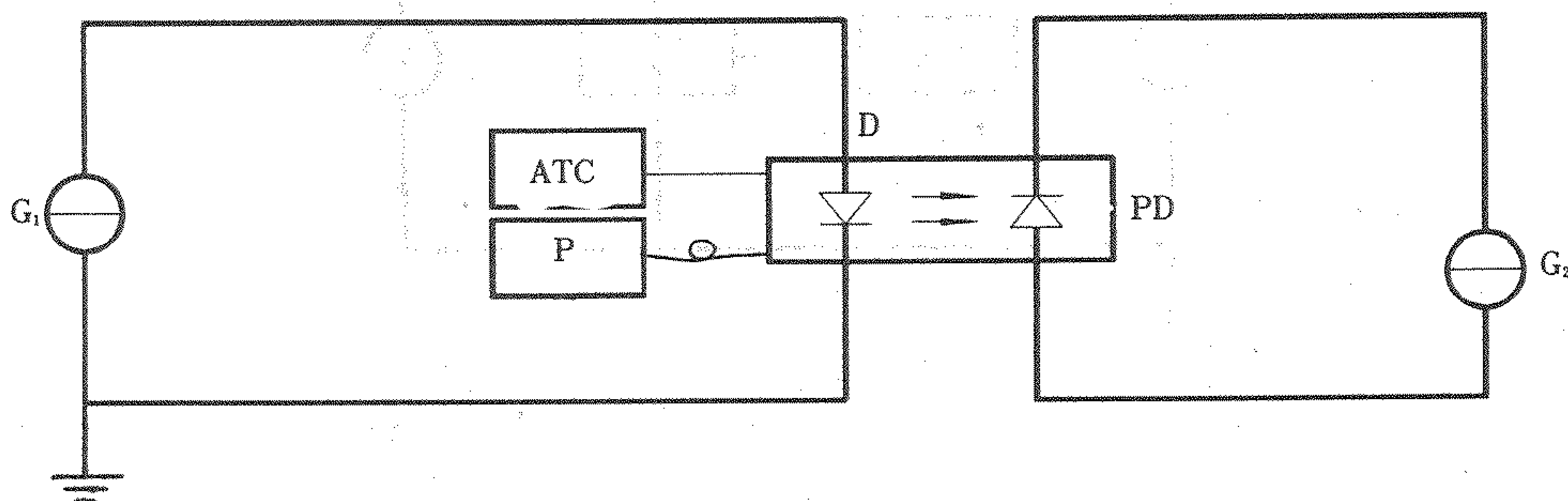


图 7

3.9.3 原理图说明

D: 被测激光二极管;

ATC: 自动温度控制装置;

G_1 : 直流电流源;

G_2 : 直流电压源;

P: 光功率计;

PD: 探测器。

3.9.4 测试方法

给激光二极管组件施加不同的直流偏置电流, 由此得出相应的额定输出光功率, 使背向监视探测器产生相应的光电流 I_p , 在笛卡尔坐标上绘出 $\Phi-I_p$ 曲线。

3.9.5 测试条件

ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C 。

3.10 激光二极管组件光谱特性

3.10.1 目的

测量激光二极管组件在额定输出光功率下的光谱特性

3.10.1.1 激光二极管组件峰值波长 λ_p , 辐射光谱宽度 $\Delta\lambda$

3.10.1.1.1 测试原理(见图 8)

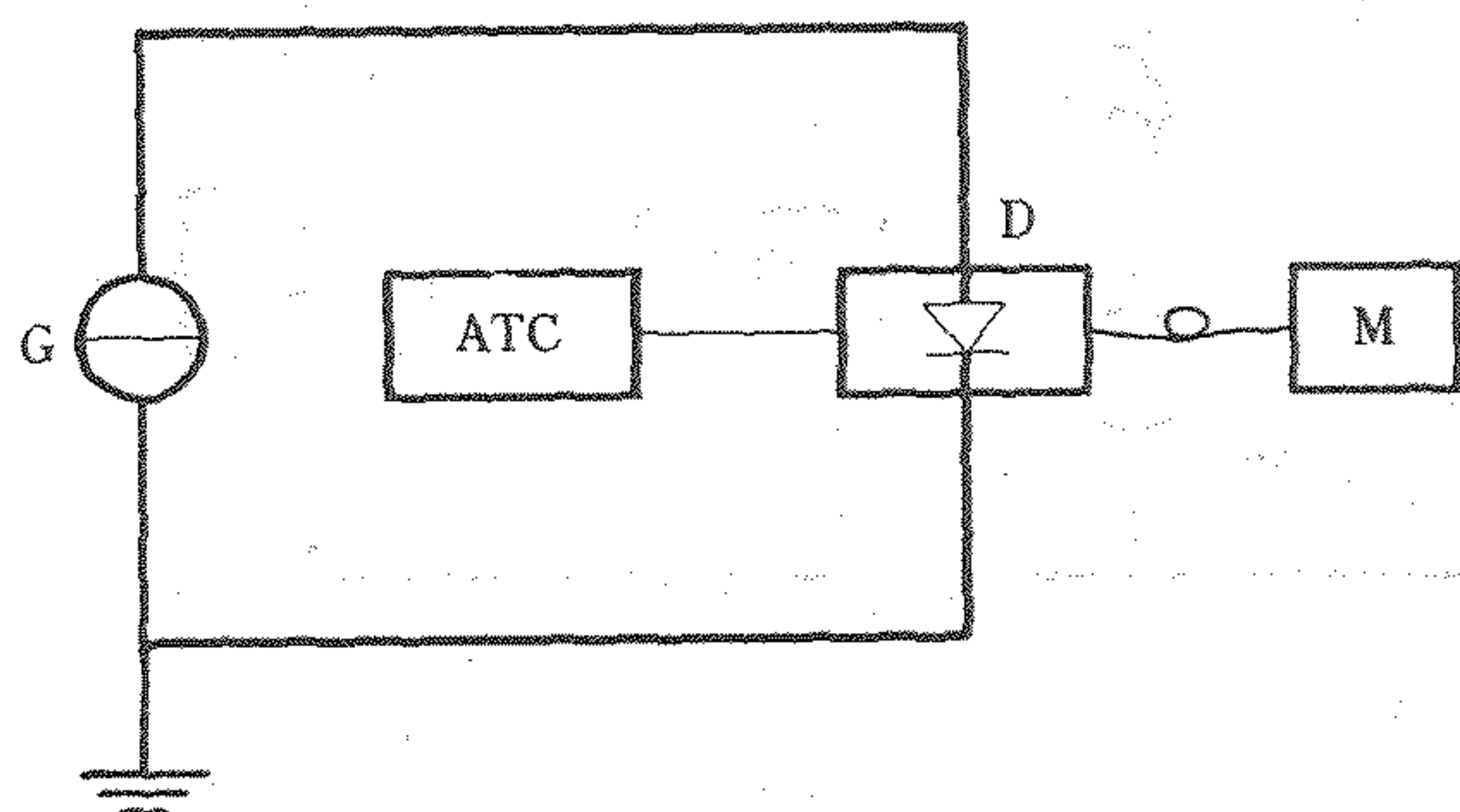


图 8

3.10.1.1.2 原理图说明

G: 直流电流源;
 ATC: 自动温度控制装置;
 D: 被测激光二极管;
 M: 单色仪。

3.10.1.1.3 测试方法

给被测器件施加直流偏置电流,使输出光功率为额定值,单色仪在所需的波长范围内扫描,光电探测器上得到一个最大光功率,其对应的波长为峰值波长 λ_p ,单色仪在 λ_p 两边适当的波长范围内进行扫描,描绘光谱曲线如图 9 所示。

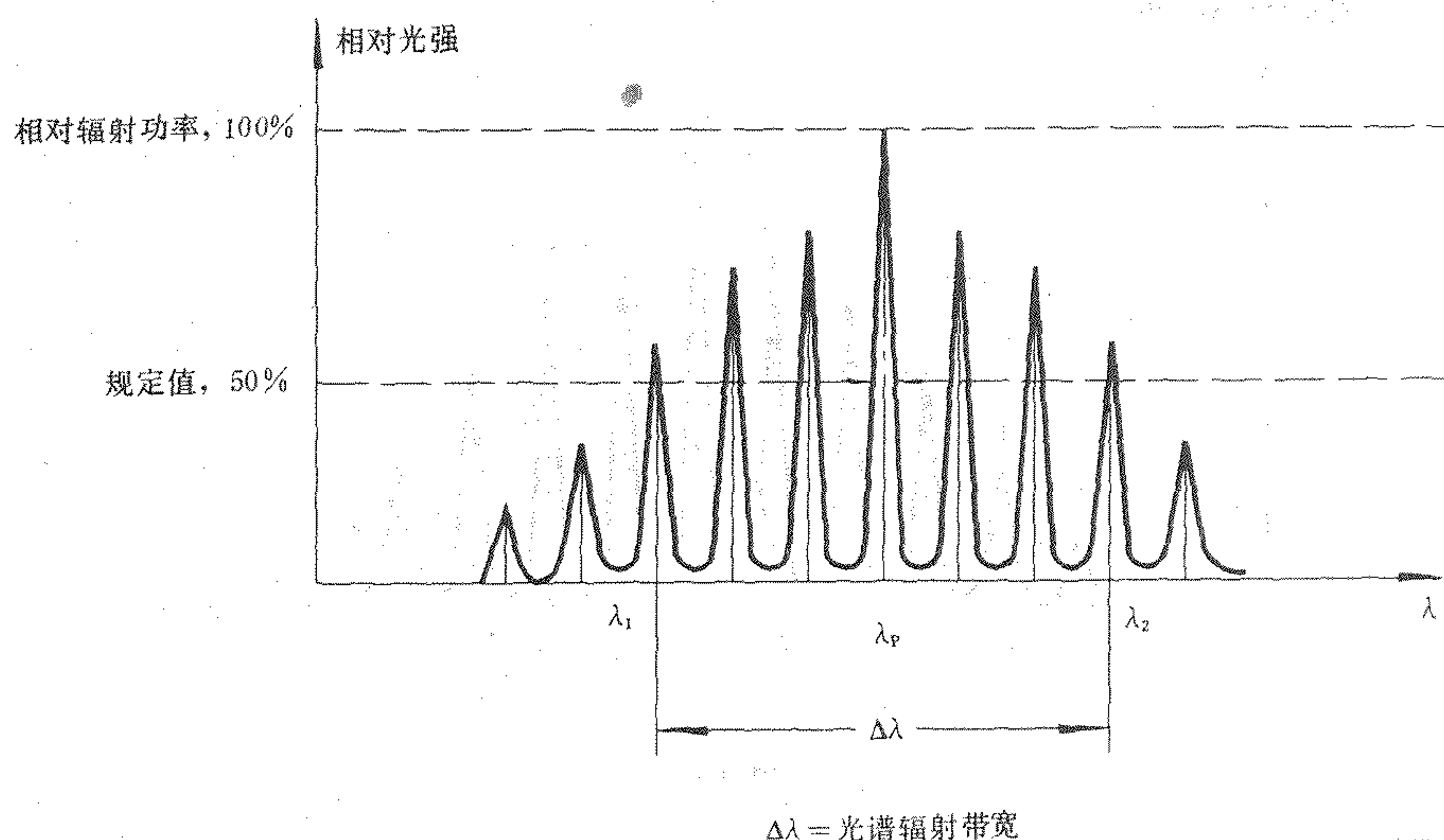


图 9

测量出最大辐射强度一半所对应的光谱全宽,这宽度即为辐射光谱宽度 $\Delta\lambda$ 。

3.10.1.1.4 测试条件

ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C 。

3.10.1.2 激光二极管组件脉冲调制状态下光谱中心波长 λ_m 及均方根带宽值 RMS

3.10.1.2.1 测试原理图(见图 10)

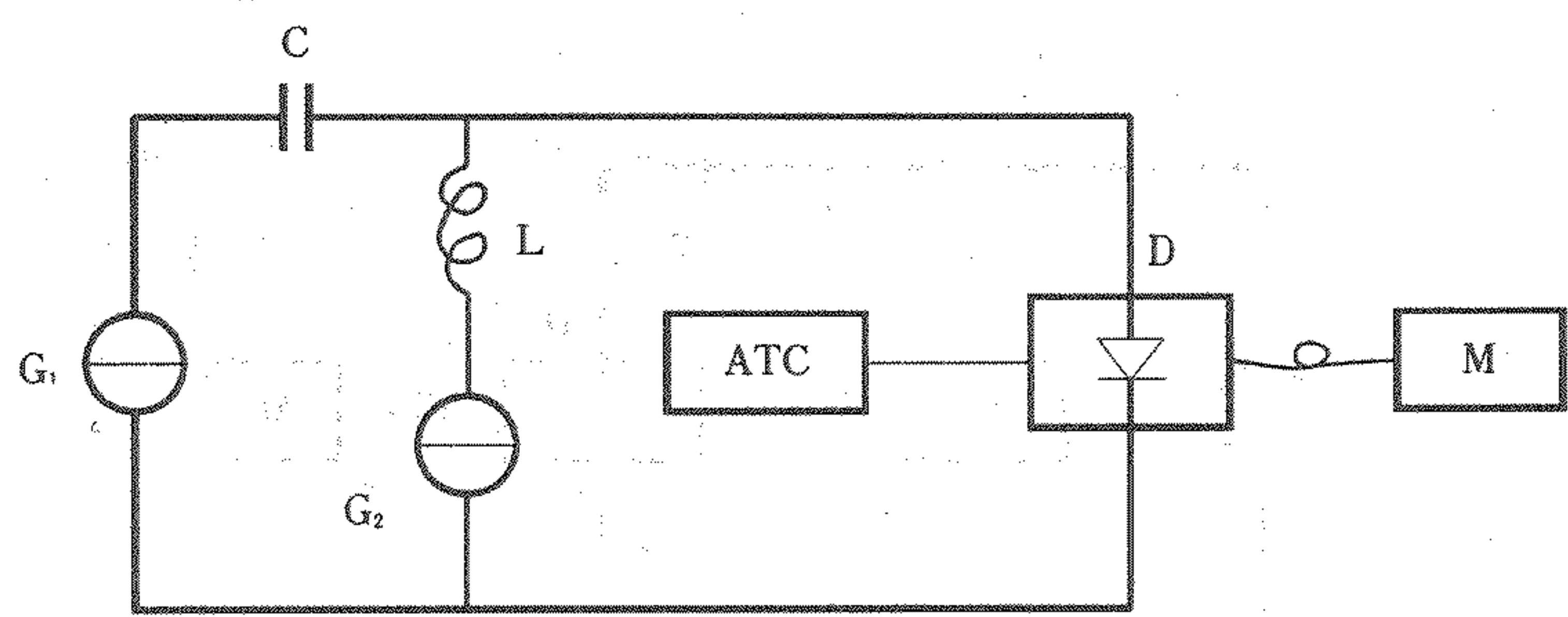


图 10

3.10.1.2.2 原理图说明

- ATC:自动温度控制装置;
- D:被测激光二极管;
- G₁:脉冲交流发生器,频率为 f ,脉宽为 τ ;
- G₂:直流电流源;
- C:耦合电容;
- M:光谱分析仪;
- L:电感。

3.10.1.2.3 测试方法

给激光二极管组件施加适当直流偏置电流和脉冲调制电流,使激光二极管组件的输出光功率脉冲幅值达到额定输出光功率,并绘出光谱曲线(见图 11)。

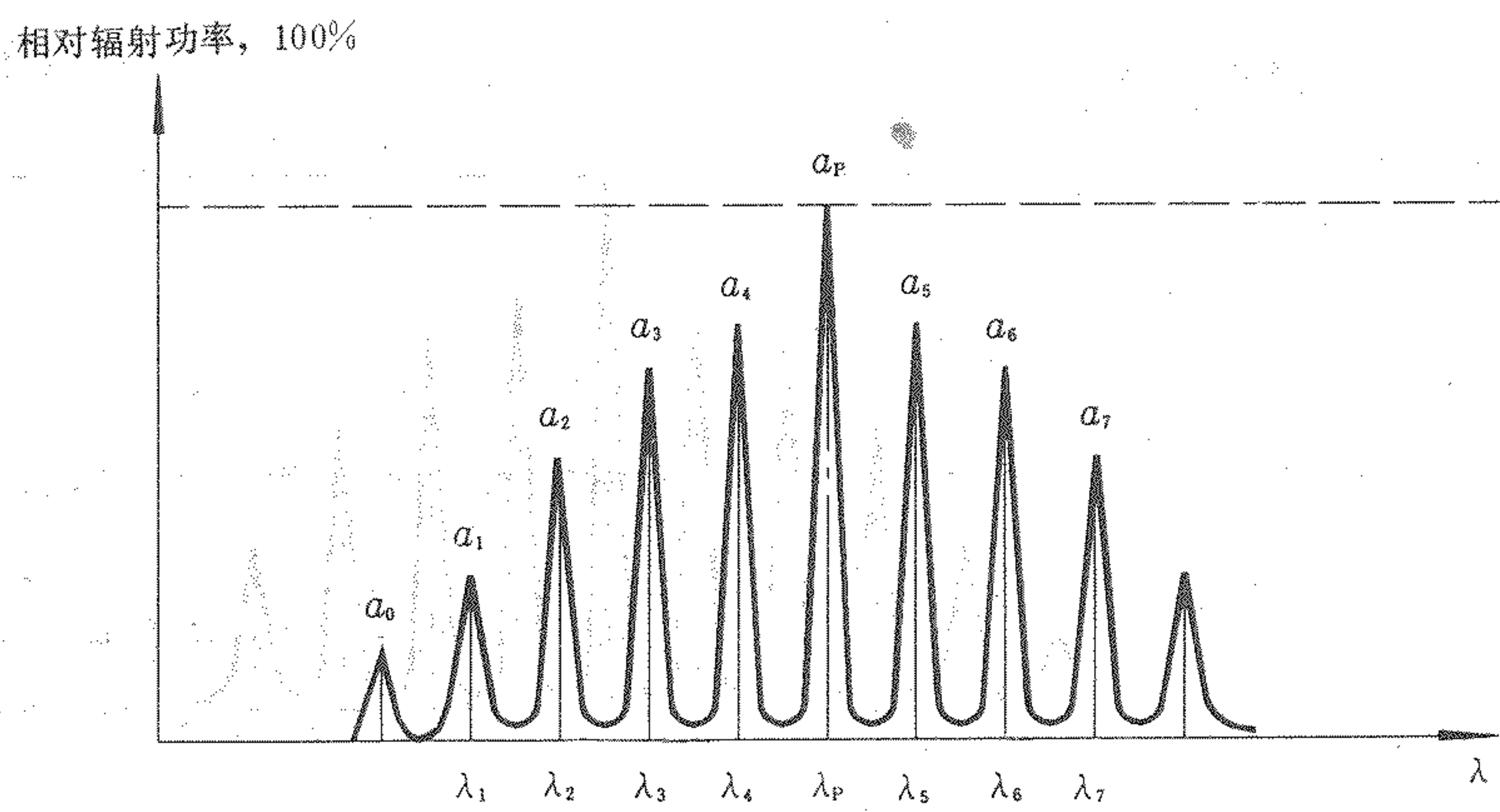


图 11

3.10.1.2.4 光谱曲线说明

- λ_i :光谱曲线中纵模波长。($i=1,2,3,\cdots n$);
- a_i :光谱曲线纵模光强(相对值)。($i=1,2,3,\cdots n$)。

3.10.1.2.5 光谱中心波长 λ_m 的计算由下式表示:

$$\lambda_m = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \lambda_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (\text{nm}) \quad \cdots \cdots (4)$$

3.10.1.2.6 光谱均方根值(RMS)的计算

由下式表示:

$$\text{RMS} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i (\lambda_i - \lambda_m)^2}}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (\text{nm}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

3.11 激光二极管组件的脉冲响应

3.11.1 目的

测量激光二极管组件的上升时间 t_r , 延迟时间 t_d , 存贮时间 t_s , 下降时间 t_f 。

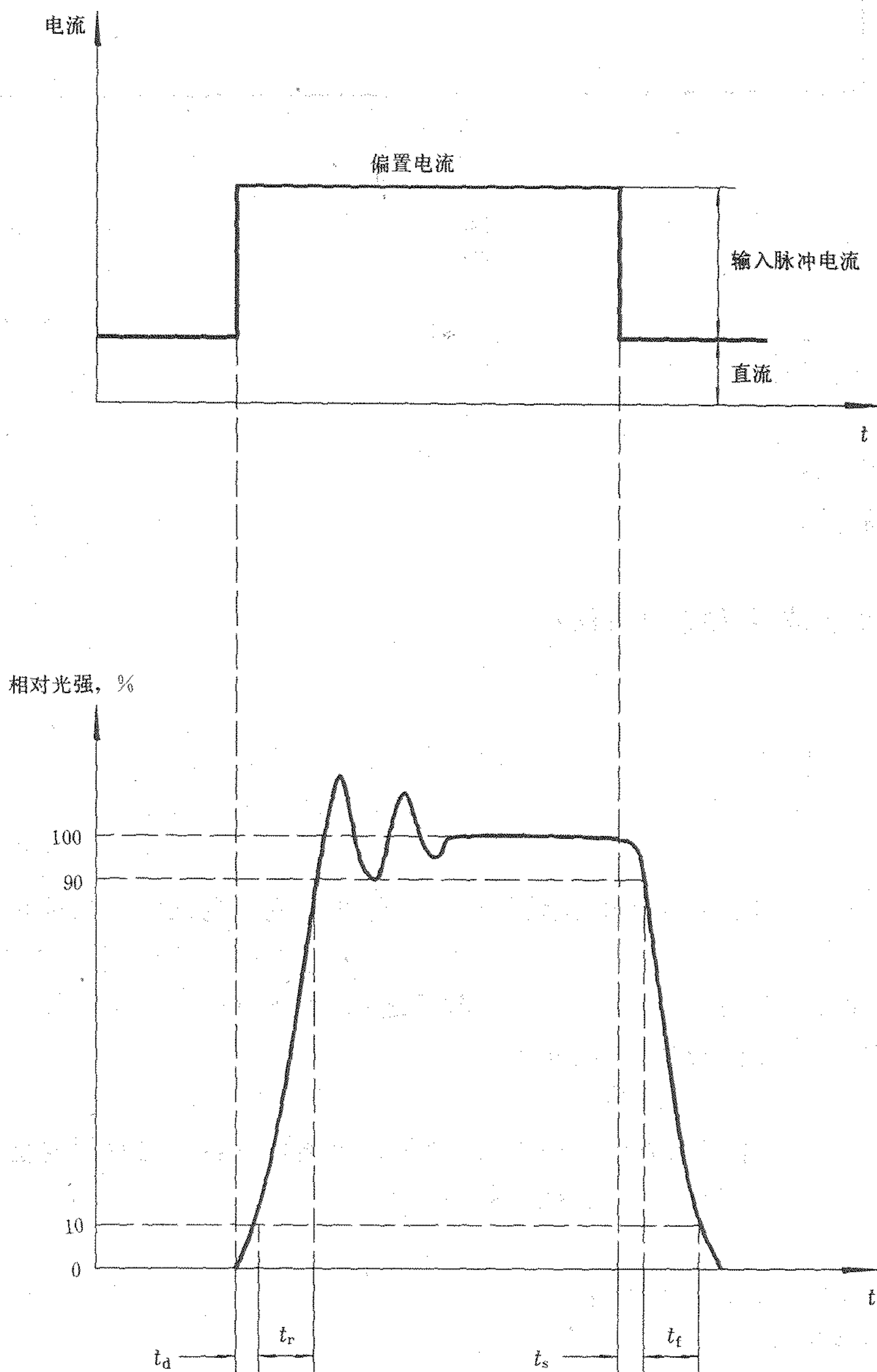


图 12

t_d, t_r, t_s 和 t_f 在图 12 中给以规定 100% 电平是在光脉冲顶端获得的平均输出光功率, 零电平是由直流偏置电流获得的输出光功率。

3.11.2 测试原理图(见图 13)

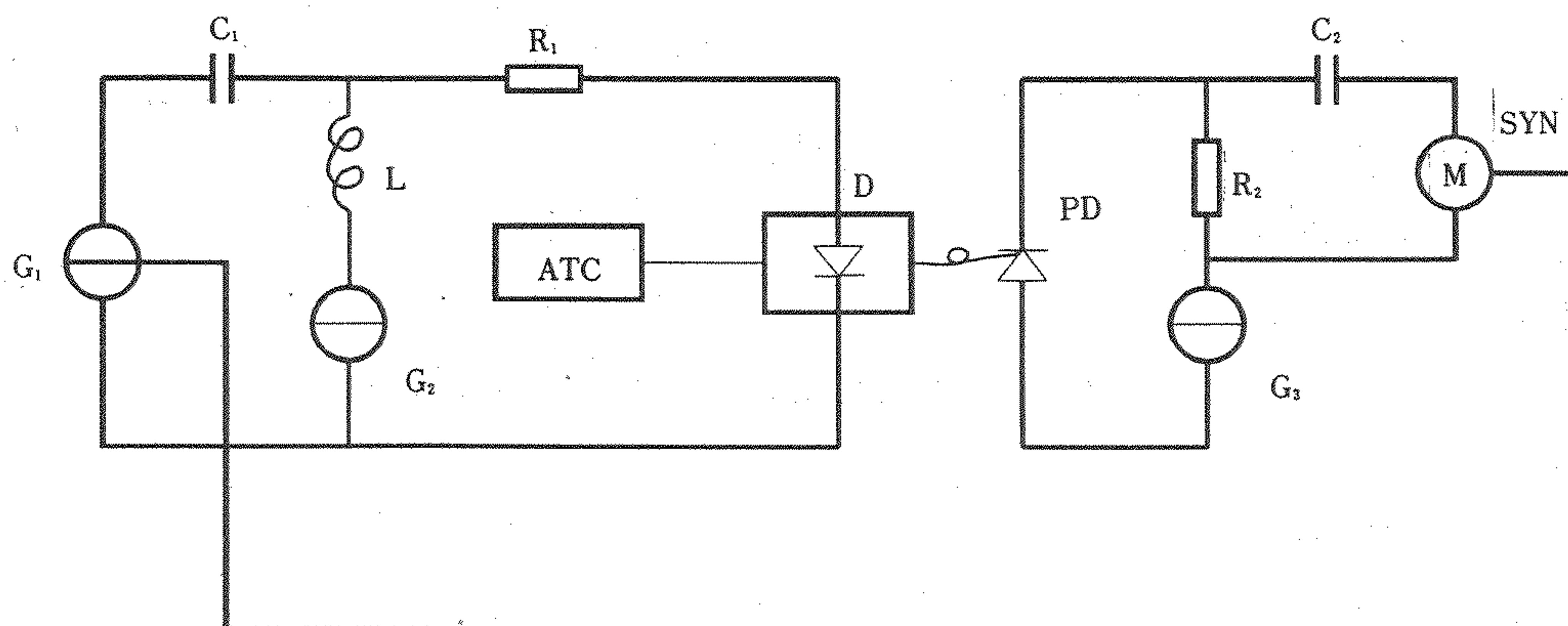


图 13

3.11.3 原理图说明

- D:被测激光二极管;
 PD:光电二极管(探测器);
 G_1 :脉冲发生器;
 G_2 :直流电流偏置电源;
 G_3 :直流电压偏置电源;
 C_1, C_2 :耦合电容;
 M:测量仪表(例如示波器,频谱分析仪);
 R:匹配电阻;
 SYN:同步信号;
 ATC:自动温度控制装置;
 L:电感。

3.11.4 测试方法

给被测激光二极管组件施加规定的直流偏置电流和脉冲电流由测试仪器测量并绘出曲线。

3.11.5 测试条件

- 要求输入脉冲幅度与占空比(脉宽与重复频率之积)要适当;
- ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C ;
- 直流偏置电流;
- 为保证测量精度,光电二极管响应时间、测量装置及测量仪器延迟时间要足够短。

3.12 激光二极管组件的小信号频率特性(截止频率 f_c)

3.12.1 目的

测量激光二极管组件的小信号频率特性。

3.12.2 测试原理图(见图 14)

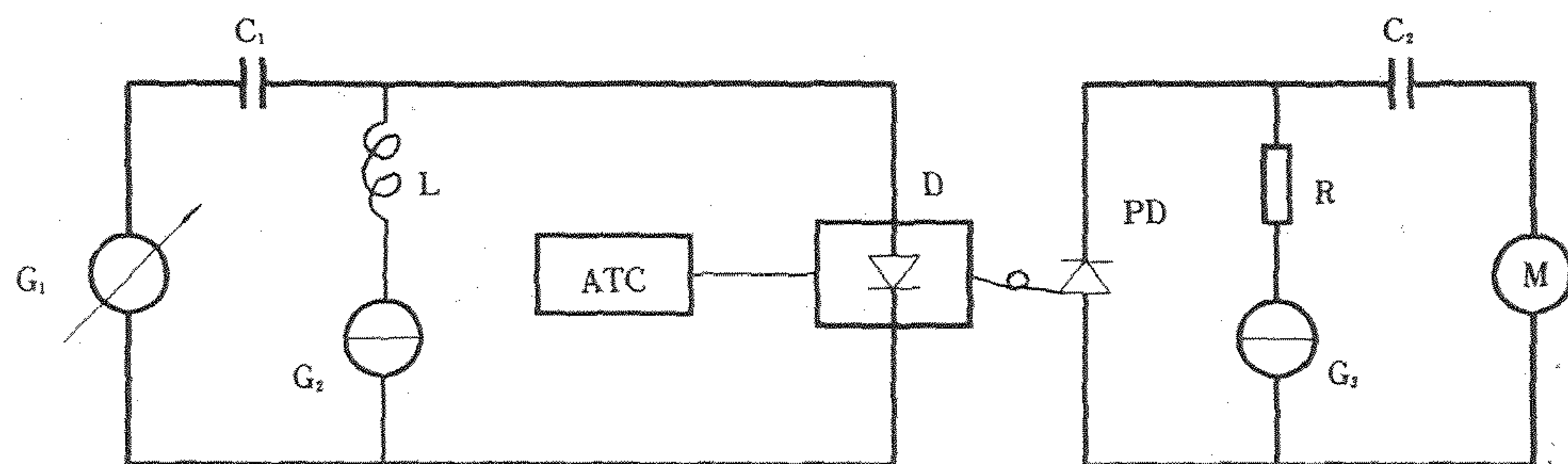


图 14

3.12.3 原理图说明

G_1 : 频率可调正弦交流发生器;

G_2 : 直流电流偏置电源;

G_3 : 直流电压偏置电源;

R : 匹配电阻;

C_1, C_2 : 耦合电容;

M : 测量仪器;

D : 被测激光二极管;

PD : 光电二极管(探测器);

ATC : 自动温度控制装置;

L : 电感。

3.12.4 测试方法

给被测激光二极管组件施加直流偏置电流,并送加交变正弦调制电流。

保持交变调制电流恒定,增加调制频率,直到光电二极管(探测器)的交流输出信号下降 3dB,此时所对应的频率为截止频率 f_c 。(见图 15)。

3.12.5 测试条件

- ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C ;
- 直流偏置电流;
- 光电二极管频率响应大于截止频率 f_c ;
- 为防止交流输出信号失真,交变调制正弦信号电流应足够小。

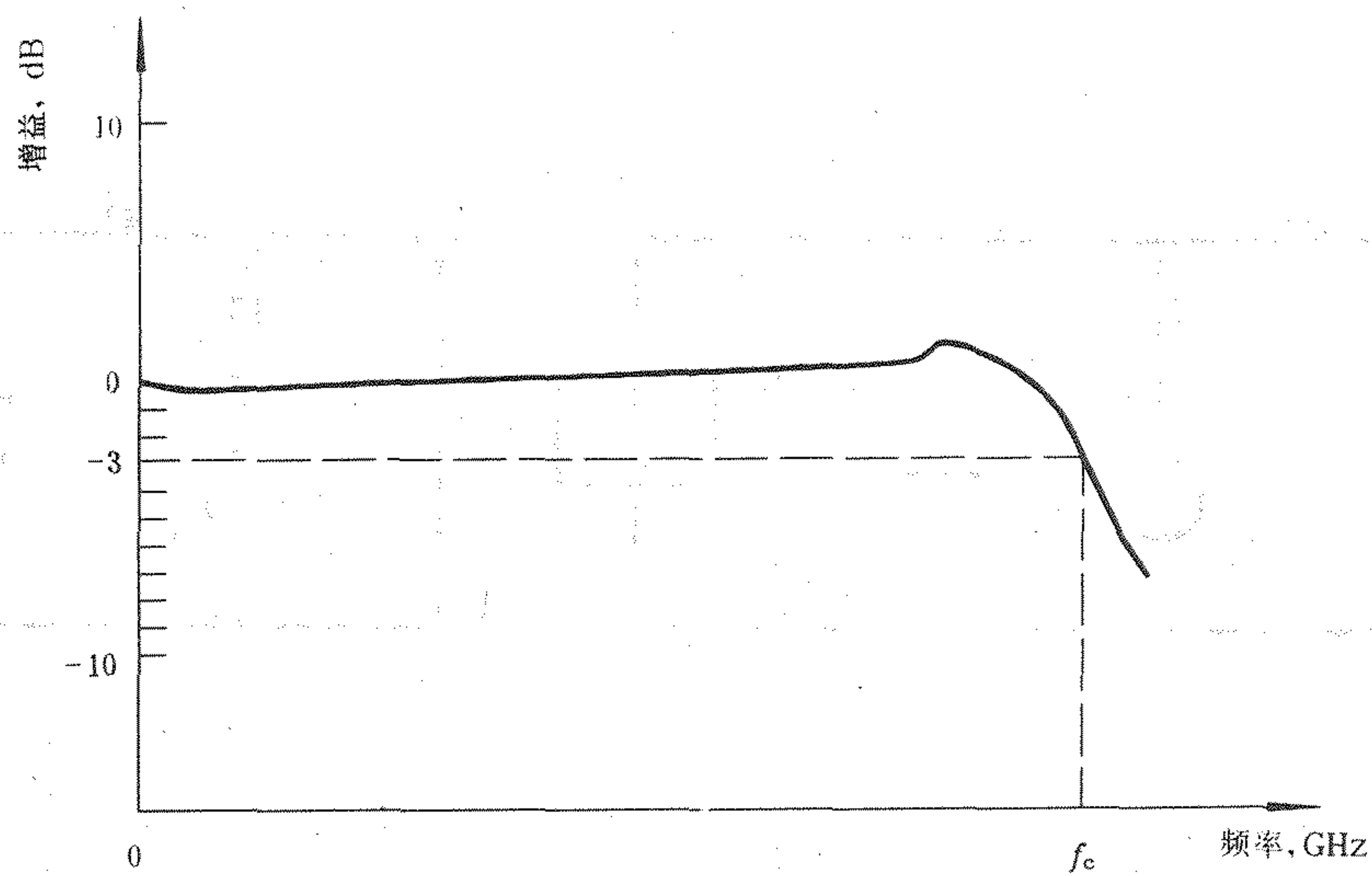


图 15

3.13 激光二极管组件相对噪声谱密度(RIN)

3.13.1 目的

测量激光二极管组件相对噪声谱密度。

3.13.2 测试原理图(见图 16)

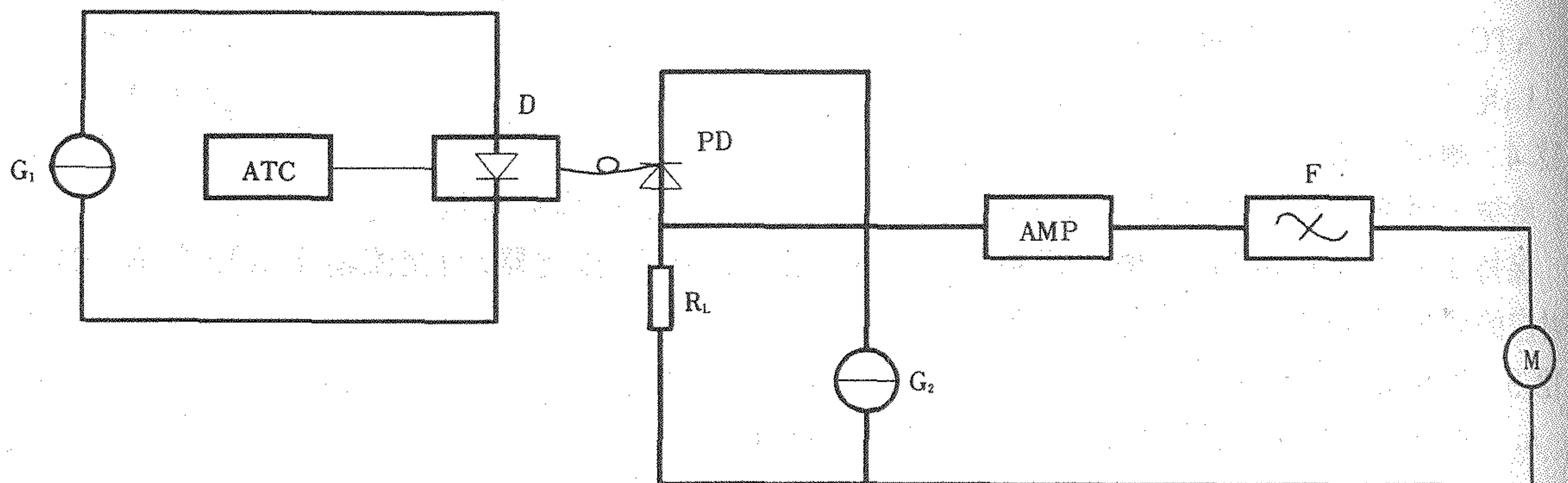


图 16

3.13.3 电路图说明

D:被测激光二极管;

G_1 :直流电流源;

G_2 :电压源;

PD:光电二极管(探测器);

R_L :负载电阻;

AMP:适用于频率 f_0 并具有增益 G 的交流放大器;

F:具有中心频率 f_0 和等效噪声带宽 Δf_N 的滤波器;

M:测量仪器(例如电平表等)。

3.13.4 测试方法

给被测激光二极管组件施加直流偏置电流,使其输出光功率 Φ 符合规定值,用测量仪器测量噪声功率 N_t ,同时测量光电二极管的光电流 I_p 。

用具有光谱辐射带宽的辐射源代替被测激光二极管组件。

调节辐射源的发光功率,使光电二极管的光电流 I_p 达到前面测量时的同一数值,用测量仪器测量相当于光电二极管散粒噪声与放大器噪声之和的噪声功率 N_d 。

3.13.5 计算方法

相对噪声谱密度可由下式算出:

$$RIN = (N_t - N_d) / R_L G \Delta f_N I_p^2 \dots\dots\dots (6)$$

3.13.6 测试条件

- 应抑制馈入激光二极管的反射光功率,以免影响测量准确性;
- ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C ;
- 输出光功率 Φ_0 ;
- 应有符合中心频率和等效噪声带宽要求的滤波器。

3.14 外微分量子效率 η_D

3.14.1 目的

测量激光二极管的外微分量子效率。

3.14.2 测试原理图

测试原理图见图 2。

3.14.3 原理图说明

见 3.2.3 条。

3.14.4 测试方法

给被测激光二极管施加直流偏置电流,使相应的辐射光功率符合规定值 Φ_1 ,并读取该点所对应的 I_{F1} 值。

改变正向电流 I_{F2} 值,读取相应的 Φ_2 值。

3.14.5 计算方法

$$\eta_D(\text{单面}) = \frac{e\lambda}{hc} \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta I_F} \dots\dots\dots (7)$$

式中: e ——电子电荷;

λ ——波长;

h ——普朗克常数;

c ——光速;

$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$;

$\Delta I_F = I_{F2} - I_{F1}$ 。

3.14.6 测试条件

- ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C ;
- 测量时所取的两点电流值应尽量靠近,使 ΔI_F 值尽可能小。

3.15 跟踪误差(TE)

3.15.1 目的

测量激光二极管组件耦合效率的稳定性。

3.15.2 测试原理图

测试原理图见图 7。

3.15.3 原理图说明

见 3.9.3 条。

3.15.4 测试方法

保持监控光电流 I_{mop} 为恒定值(例如 $200\ \mu\text{A}$),改变环境温度,(例如 $T_1\sim T_2$)分别测量当环境温度为 T_1 、 25°C 、 T_2 时对应的光纤出纤功率为 Φ_1 、 Φ_0 、 Φ_2 。

3.15.5 计算方法

$$\text{TE} = 10\lg(\Phi_i/\Phi_0)(\text{dB})(i = 1 \text{ 或 } 2) \dots\dots\dots(8)$$

3.15.6 测试条件

- a. 严格控制三个环境温度 $T_1, 25^\circ\text{C}, T_2$;
- b. 在变化环境温度时,一定要严格控制监控光电流 I_{mop} 为恒定值;
- c. ATC 应使激光二极管的热沉温度处于 25°C 。

附加说明:

本标准由中华人民共和国邮电部提出。
本标准由邮电部电信传输研究所归口。
本标准由邮电部武汉邮电科学研究院负责起草。
本标准主要起草人吴济、王玉章。