

前 言

随着光纤通信事业的高速发展,原来 34 Mb/s 光纤通信系统已满足不了要求,因此 622 Mb/s 和 2.5 Gb/s 光纤通信系统已先后问世并已进入实用化阶段,与之相对应的光电器也要求向高速度、低损耗、超长距离发展,这就是分布反馈激光二极管诞生的前提,由于多年的努力,分布反馈激光二极管已最终实现产业化。为了适应光纤通信设备发展的需要,使分布反馈激光二极管测试方法规范化,特此制定了本标准。

本标准在制定过程中有一部分内容是等效采用 IEC-747-5(1992)的有关规定,还参考了美国 Bell-core、日本 HITACHI Inc、荷兰 Philips Ins 有关部分。

本标准由邮电部电信科学研究规划院提出并归口。

本标准由邮电部武汉邮电科学研究院起草。

本标准主要起草人:刘坚、董志江、李同宁、吴济。

分布反馈激光二极管检测方法

1 范围

本标准规定了分布反馈激光二极管组件表观光电参数的检测项目及检测方法。
本标准适用于分布反馈激光二极管组件表观光电参数的检测。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方面应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

IEC-747-5(1992) 半导体器件 分立器件 第5部分:光电二极管

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1 输出光功率 Φ 。

分布反馈激光二极管在规定工作电流下,输出的功率。

3.1.2 额定输出光功率 Φ 。

在保证分布反馈激光二极管性能可靠的前提下,能连续稳定工作的输出光功率。

3.1.3 阈值电流 I_{th}

分布反馈激光二极管的输出光功率 Φ 对正向电流 I_F 的二阶导数曲线上出现第一个极大值处所对应的正向电流。

3.1.4 峰值发射波长 λ_p

主振荡纵模峰值功率所对应的波长。

3.1.5 -20 dB 光谱宽度 $\Delta\lambda$

主振荡纵模峰值功率下降 20 dB 处谱线两点间的波长间隔(见图 1)。

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

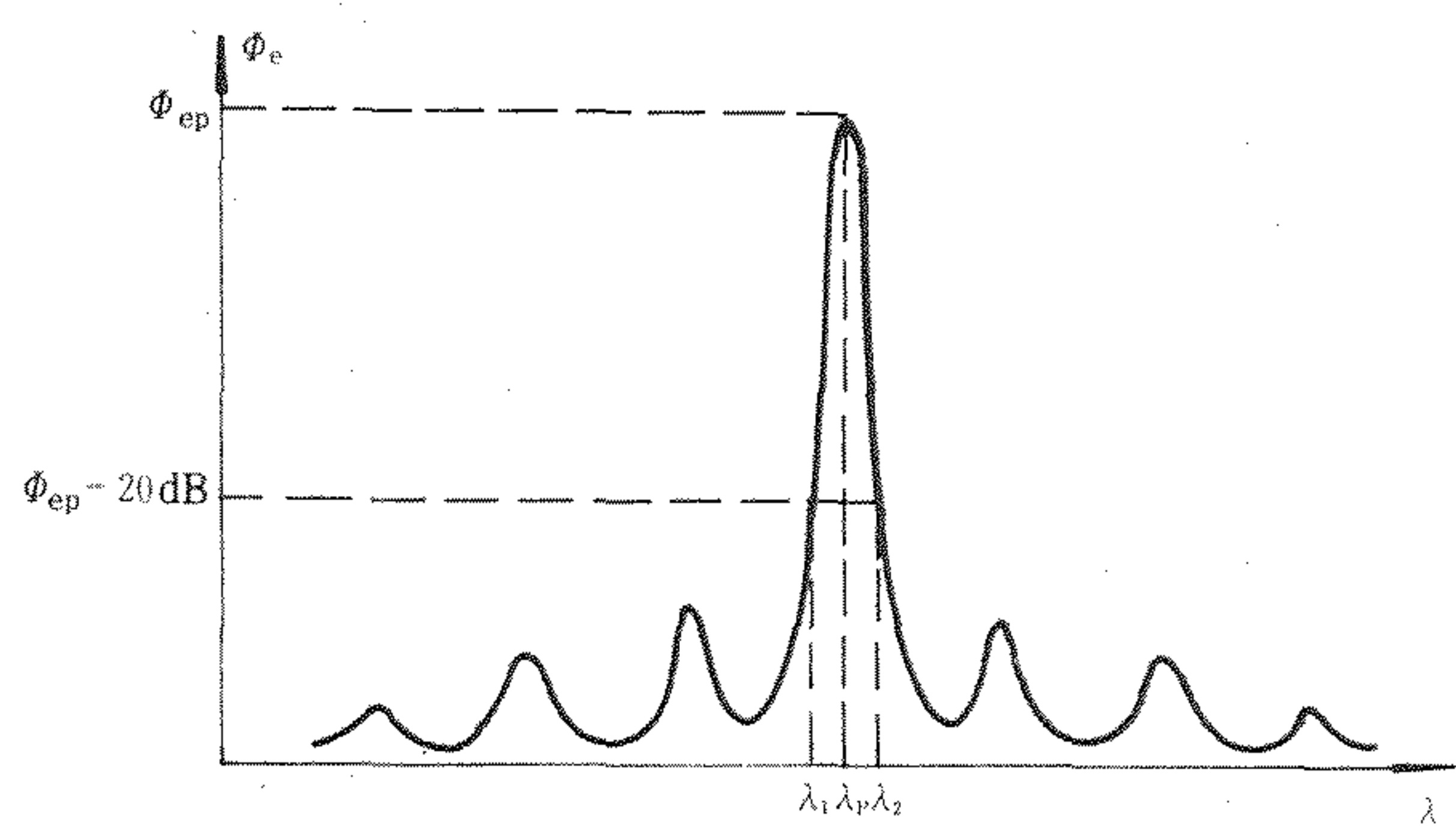


图 1 光谱宽度

3.1.6 光谱线宽 Δu

主振荡纵模功率一半处的谱线两点间的频率间隔。

3.1.7 边模抑制比 SMSR

主振荡纵模峰值功率 Φep 与次最大纵模峰值功率 Φes 之比(见图 2)。

注：边模抑制比通常表示为：

$$\text{SMSR} = 10\lg(\Phi_{ep}/\Phi_{es}) \quad (\text{dB})$$

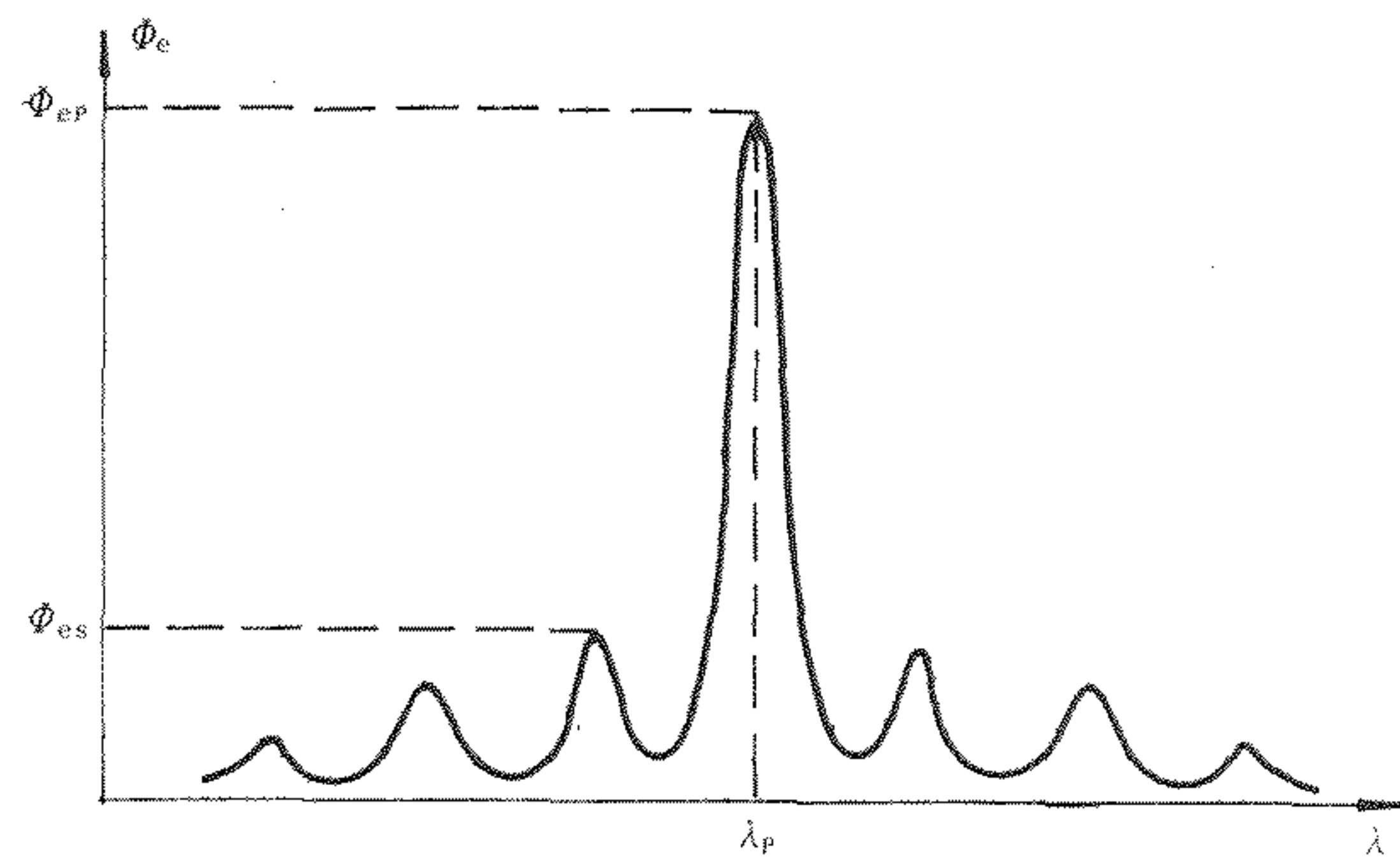


图 2 边模抑制比

3.1.8 斜率效率 ηd

在输出光功率-正向电流曲线上,求出额定输出光功率 Φo,以及于 10%Φo 和 90%Φo 所对应的正向电流 IF(10%)和 IF(90%),则

$$\eta_d = (90\% \Phi_o - 10\% \Phi_o) / (I_{F(90\%)} - I_{F(10\%)}) \dots\dots\dots (1)$$

3.2 符号

如表 1 所述：

表 1 术语与符号

名称与单位	符 号	名称与单位	符 号
正向电流 mA	I_F	温度 ℃	T
探测器监测电流 mA	I_{MON}	斜率效率	η_d
正向电压 V	V_F	峰值发射波长 nm	λ_p
反向电流 mA	$I_{R(H)}$	辐射光谱宽度 nm	$\Delta\lambda$
微分电阻 Ω	R_d	光谱线宽 Hz	Δu
阈值电流 mA	I_{TH}	上升时间 ns	t_r
输出光功率 mW	Φ_e	开通延迟时间 ns	$t_{d(on)}$
消光比	ζ	开通时间 ns	t_{on}
截止频率 Hz	f_c	关断延迟时间 ns	$t_{d(off)}$
边模抑制比	SMSR	下降时间 ns	t_f
额定输出光功率 mW	Φ_o	关断时间 ns	t_{off}

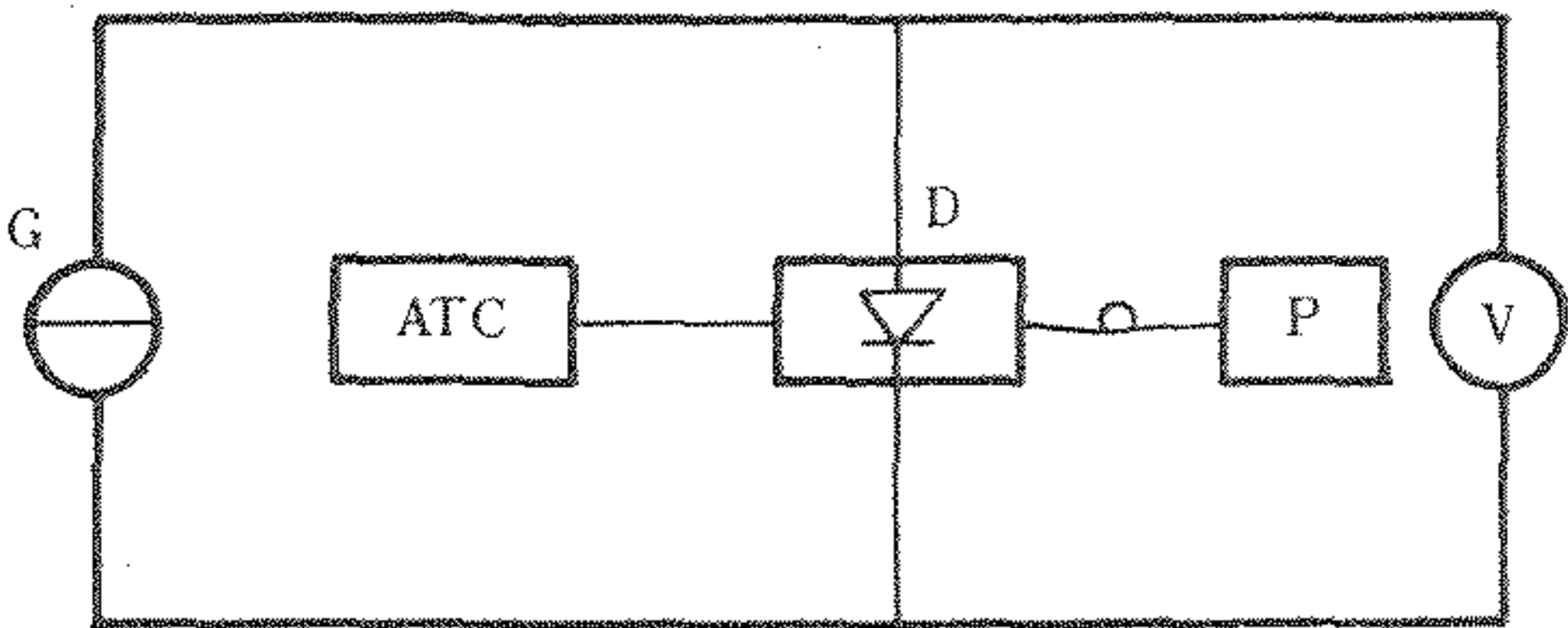
4 检测内容

4.1 额定正向电压 V_F

4.1.1 目的

检测分布反馈激光二极管组件在额定输出光功率 Φ_o 处的压降。

4.1.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件；ATC—自动温度控制装置；G—直流电流源；
V—直流电压表；P—光功率计

图 3 正向电压检测原理图

4.1.3 检测条件

a) 额定输出光功率 Φ_0 。

b) ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值。

4.1.4 检测方法

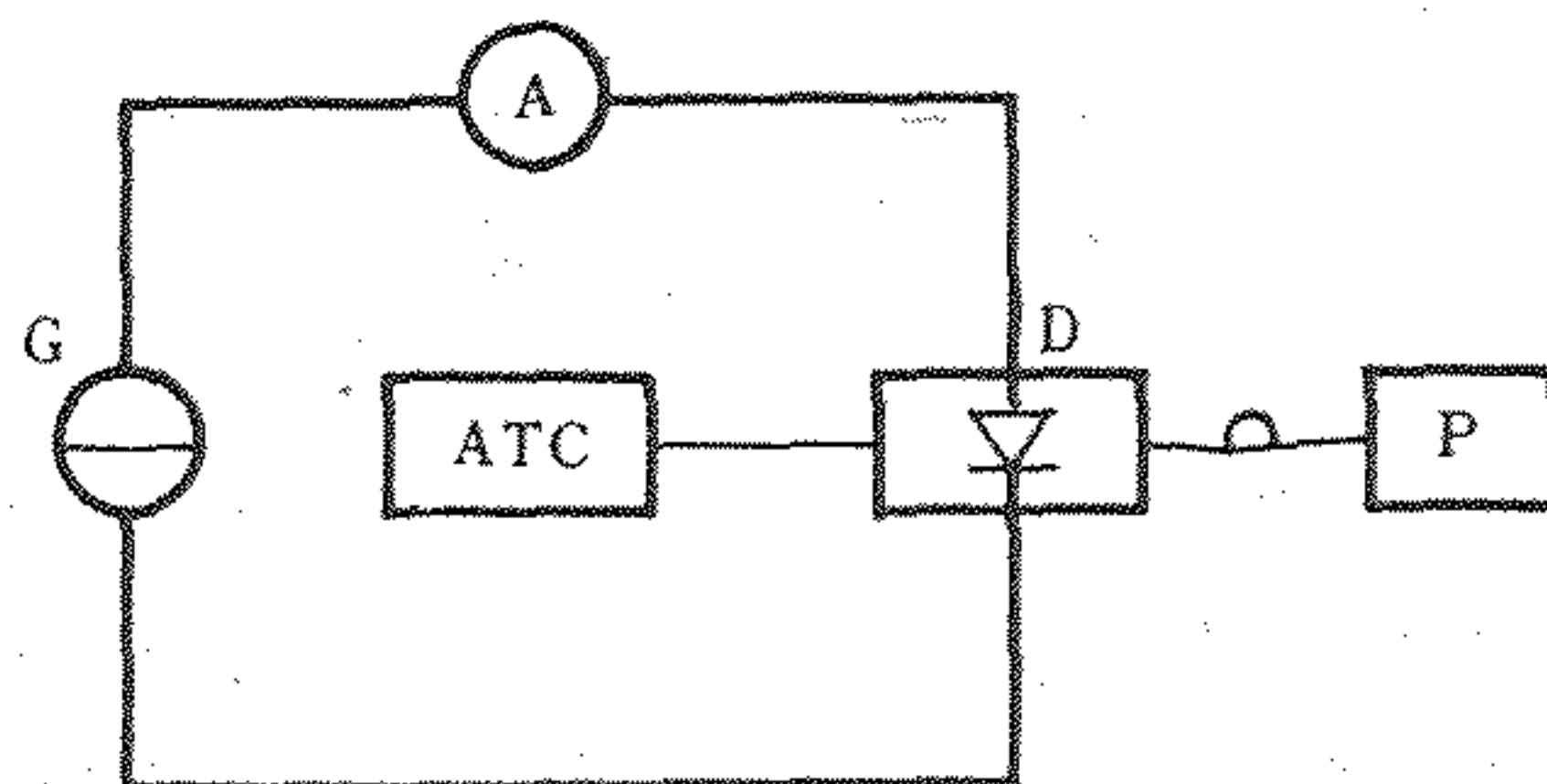
按图 3 中所示给被测分布反馈激光二极管组件施加直流驱动电流,使输出的光功率达到额定值 Φ_0 ,此时被测器件两端的正向电压为额定正向电压值。

4.2 额定正向电流 I_F 。

4.2.1 目的

测量分布反馈激光二极管组件在额定输出光功率 Φ_0 处的电流。

4.2.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件;ATC—自动温度控制装置;G—直流电流源;

P—光功率计;A—直流电流表

图 4 正向电流检测原理图

4.2.3 检测条件

a) 额定输出光功率 Φ_0 。

b) ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值。

4.2.4 检测方法

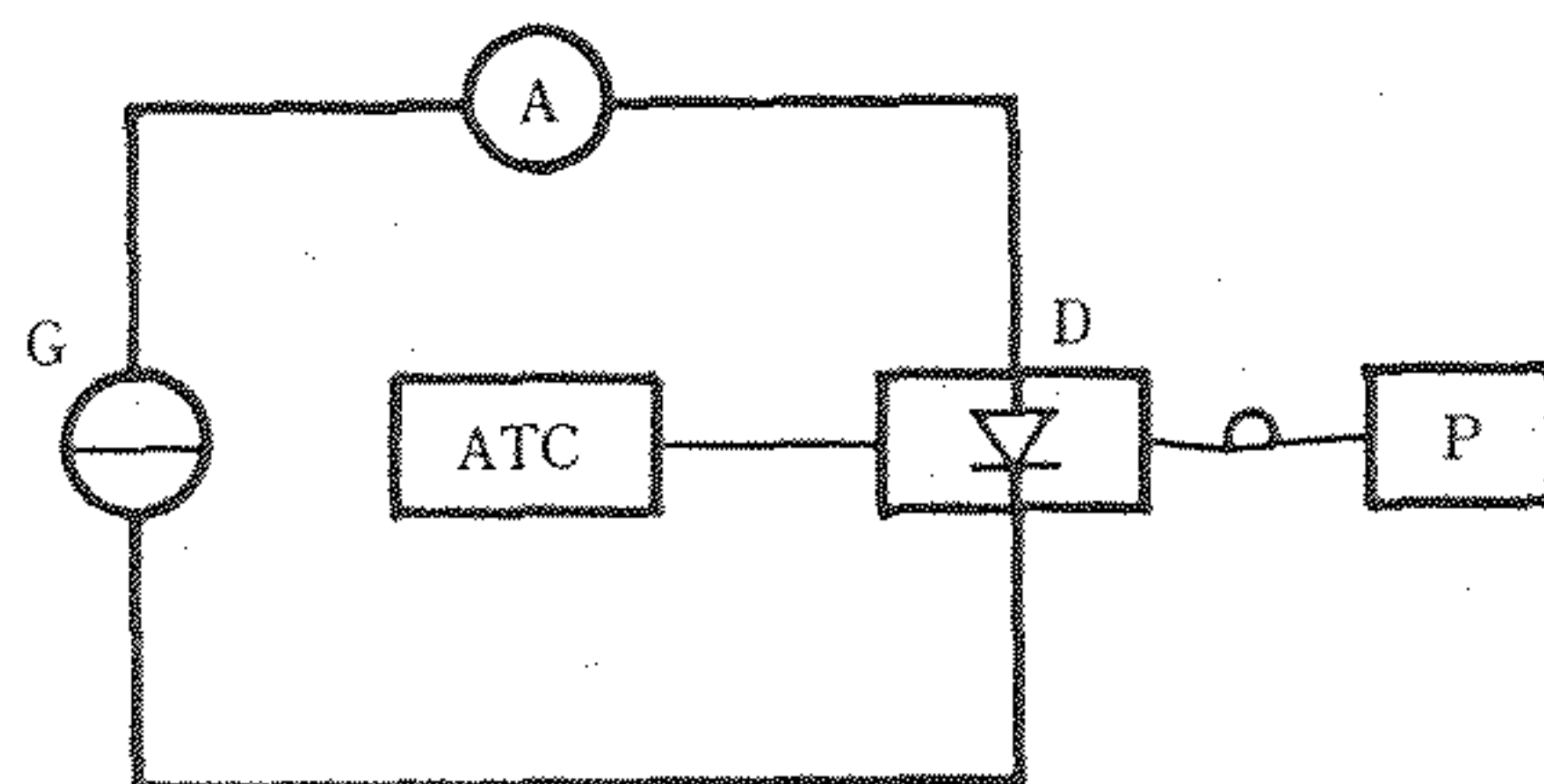
按图 4 所示,给被测分布反馈激光二极管组件施加直流驱动电流,使输出的光功率达到额定值 Φ_0 ,此时的正向电流为额定正向电流值。

4.3 阈值电流 I_{TH}

4.3.1 目的

测量分布反馈激光二极管组件产生激光发射时所需的最小驱动电流值。

4.3.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件;ATC—自动温度控制装置;G—直流电流源;

P—光功率计;A—直流电流表

图 5 阈值电流测定原理图

4.3.3 检测条件

ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值。

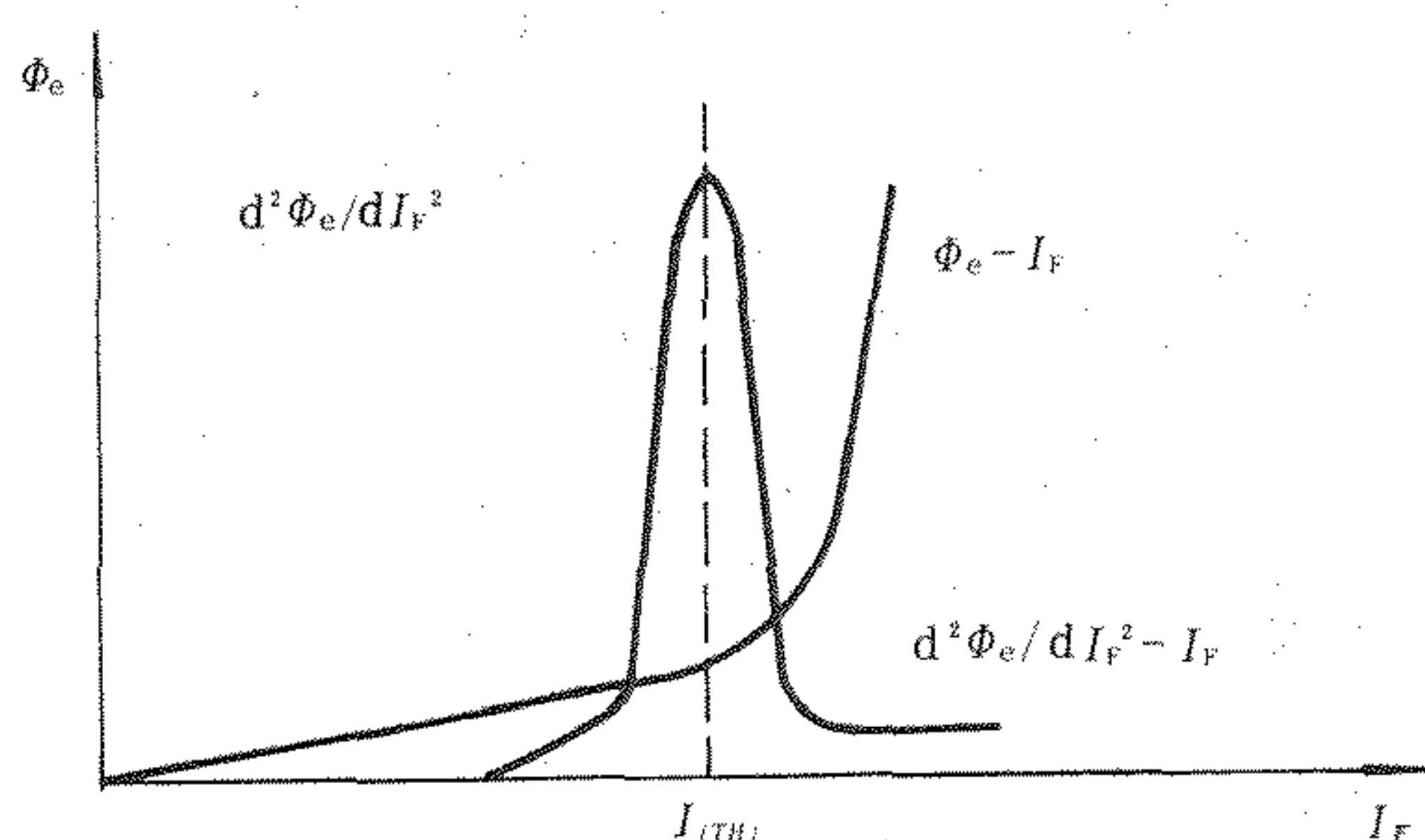


图6 阈值电流确定

4.3.4 检测方法

按图5所示,在规定范围内给被测分布反馈激光二极管组件施加直流驱动电流,并记录其输出光功率和正向电流间的关系,在笛卡尔坐标上绘出输出光功率和正向电流曲线。

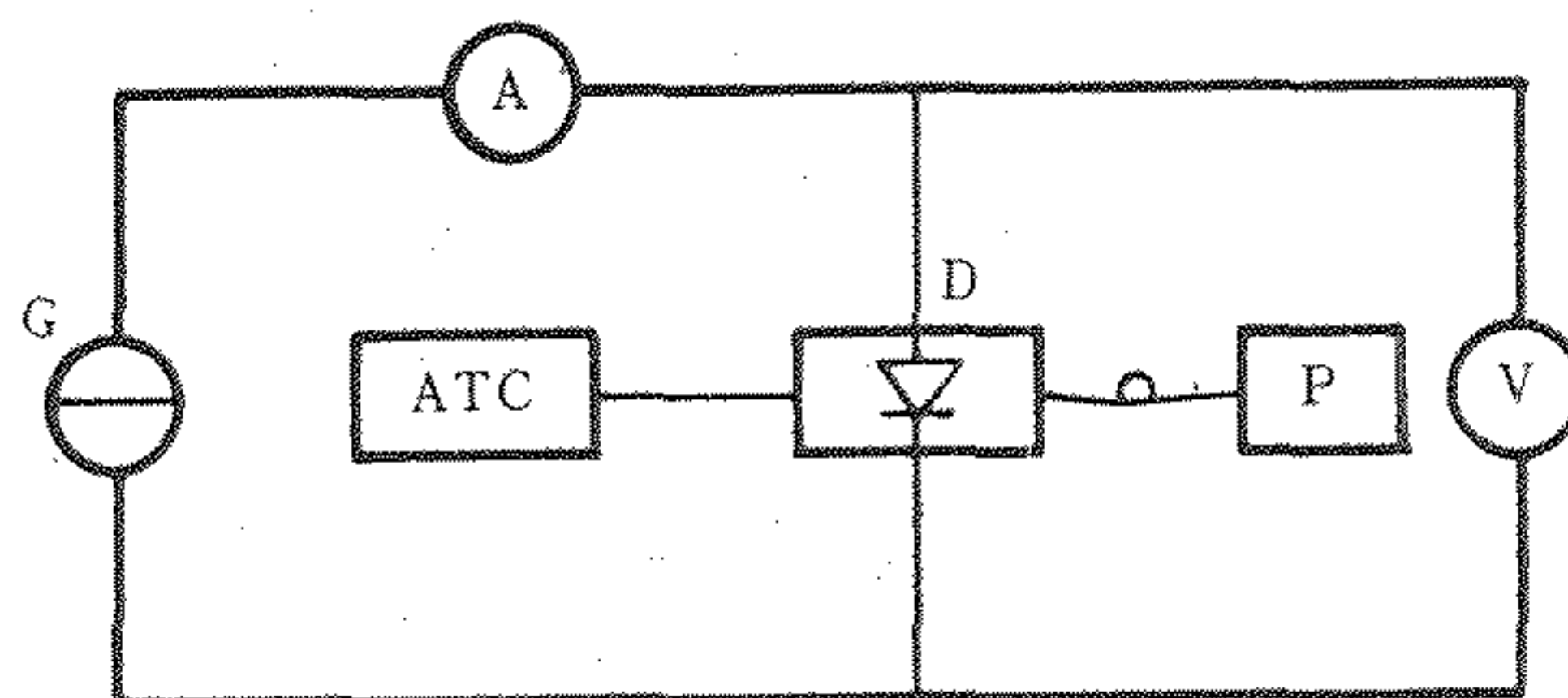
并由此求出光功率对正向电流的二阶导数曲线,此曲线上出现第一个极大值处所对应的 I_F 为分布反馈激光二极管的阈值电流 I_{TH} (见图6)。

4.4 输出光功率 Φ_e -正向电流 I_F 特性。

4.4.1 目的

测量分布反馈激光二极管组件在不同正向电流下的输出光功率,并给出输出光功率-正向电流特性曲线。

4.4.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件;ATC—自动温度控制装置;G—直流电流源;
P—光功率计;A—直流电流表

图7 输出光功率-正向电流检测原理图

4.4.3 检测条件

ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值。

4.4.4 检测方法

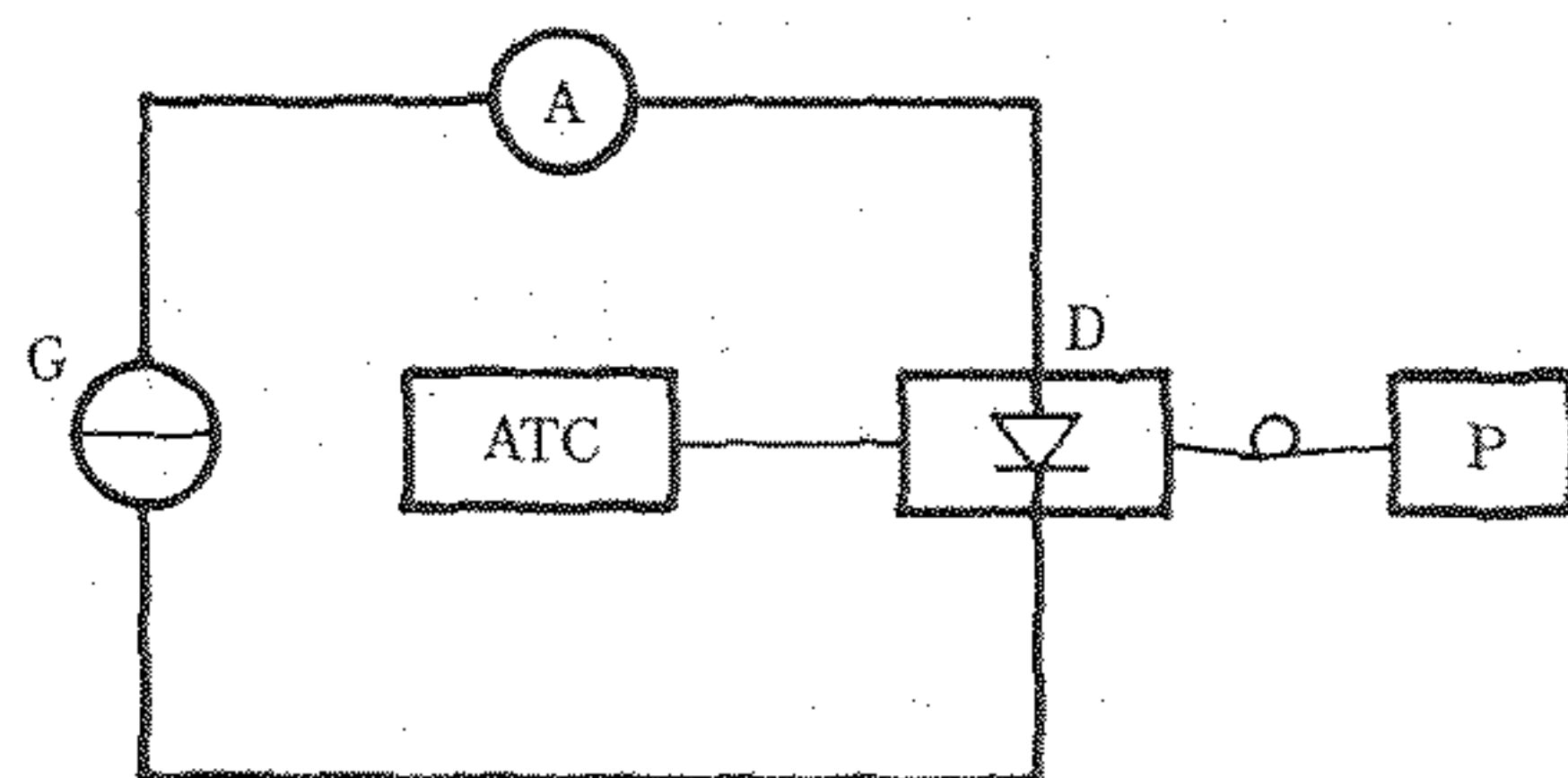
按图7所示,给被测分布反馈激光二极管组件增加直流驱动电流,并记录该器件输出光功率与其对应的正向电流,在笛卡尔坐标上绘出输出光功率-正向电流曲线。

4.5 输出光功率线性度

4.5.1 目的

检测分布反馈激光二极管组件 Φ_e - I_F 曲线工作区段的线性度。

4.5.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件;ATC—自动温度控制装置;G—直流电流源;

P—光功率计;A—直流电流表

图 8 输出光功率线性度检测原理图

4.5.3 检测条件

ATC 应使被测分布反馈激光二极管热沉温度处于规定值。

4.5.4 计算方法

在输出光功率-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 $I_{TH} + I_{mod}$, 然后在曲线上找出 $I_{TH} + 10\% I_{mod}$ 点。用直线连接曲线上对应于 $I_{TH} + I_{mod}$ 和 $I_{TH} + 10\% I_{mod}$ 点, 见图 9。

由公式(2)算出输出光功率线性度:

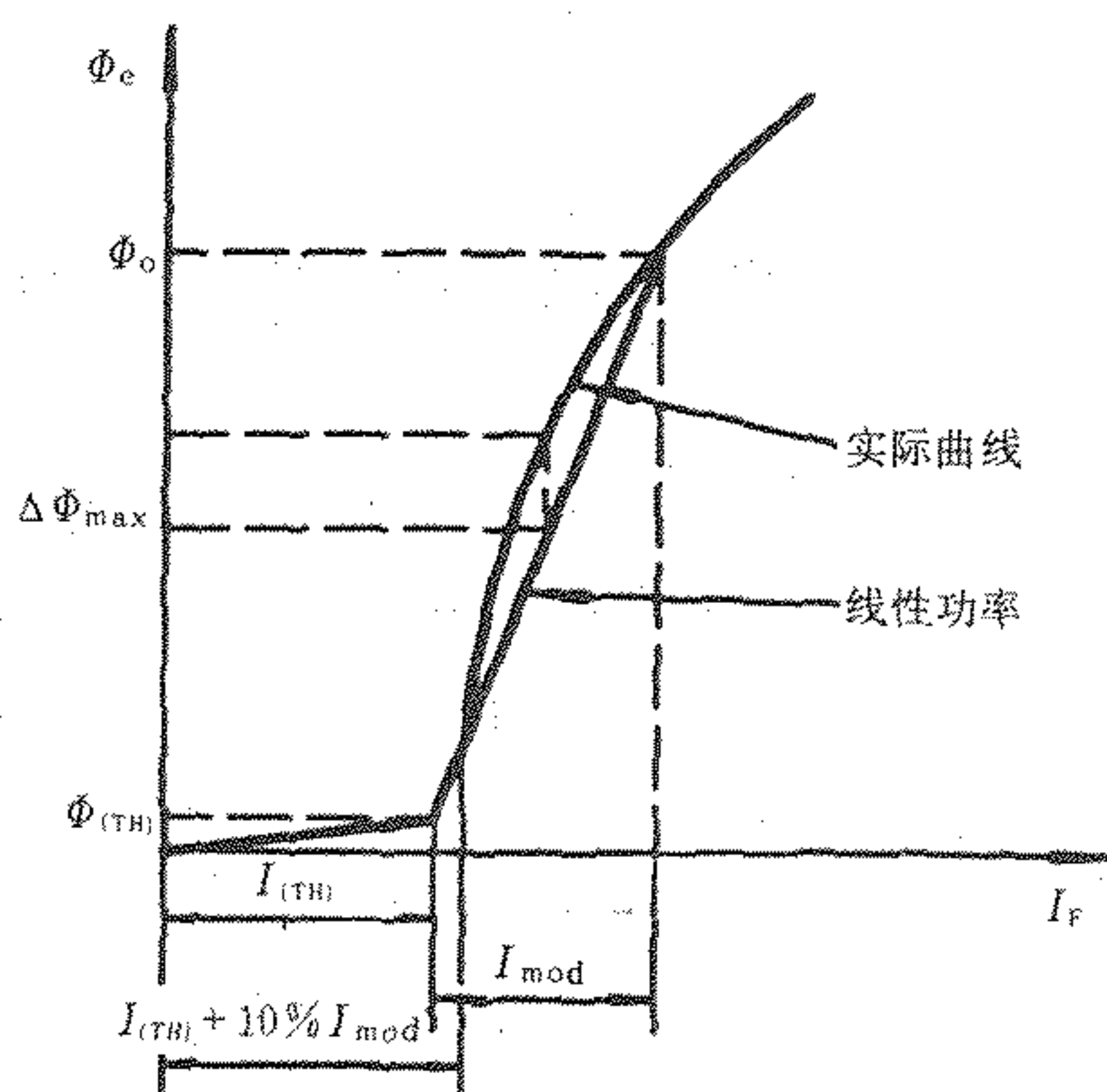


图 9 输出光功率线性度

$$\text{输出光功率线性度} = \frac{\Delta\Phi_{\max}}{\Phi_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

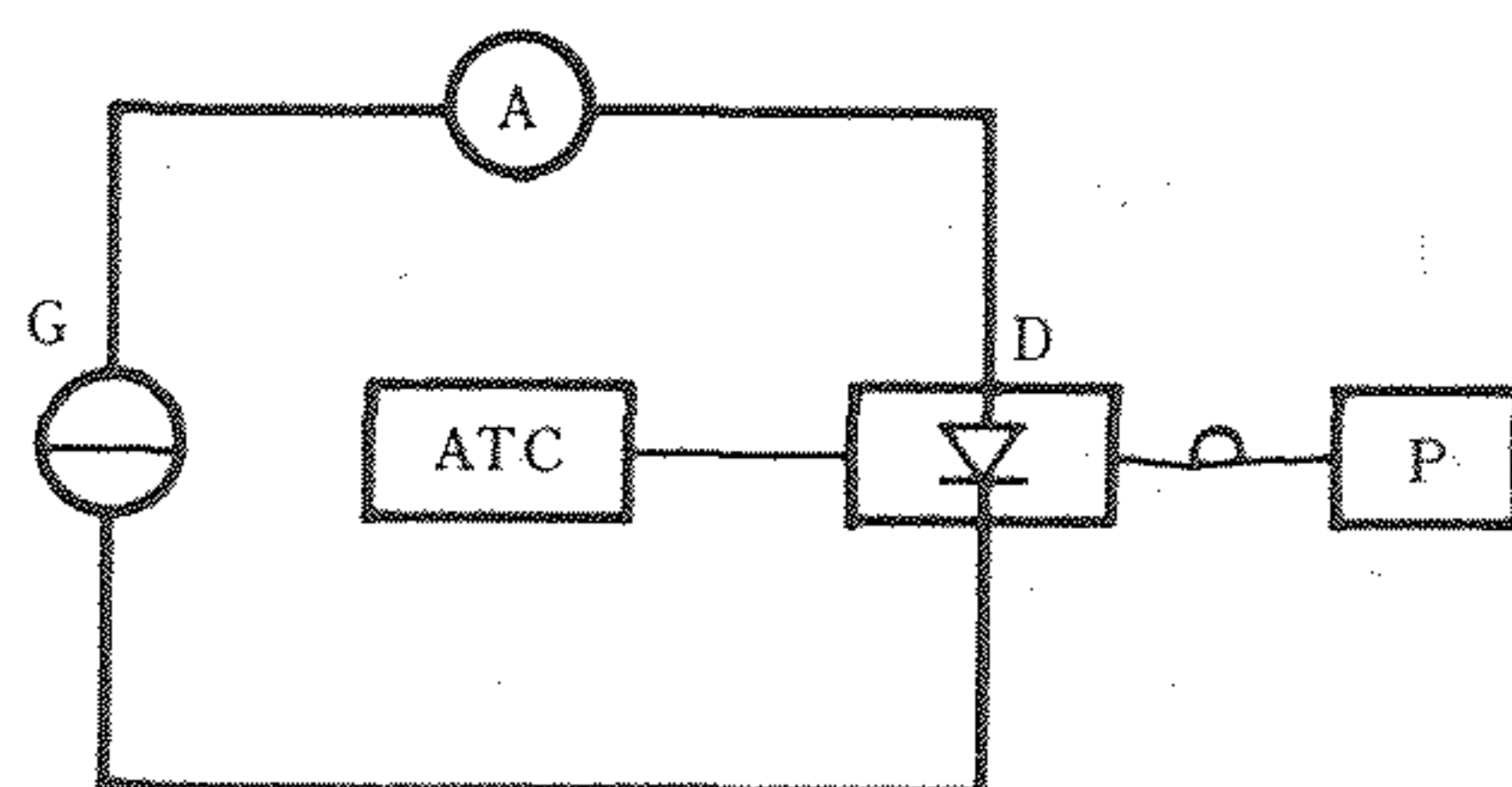
注: $\Delta\Phi_{\max}$ 为线性功率曲线与实际曲线所对应的输出功率最大偏离值。

4.6 消光比(ζ)

4.6.1 目的

测量分布反馈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。

4.6.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件;ATC—自动温度控制装置;G—直流电流源;
P—光功率计;A—直流电流表

图 10 消光比检测原理图

4.6.3 检测条件

ATC 应使分布反馈激光二极管热沉温度处于规定值。

4.6.4 检测方法

按图 10 所示给被测分布反馈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_o ,并按公式(3)计算消光比。

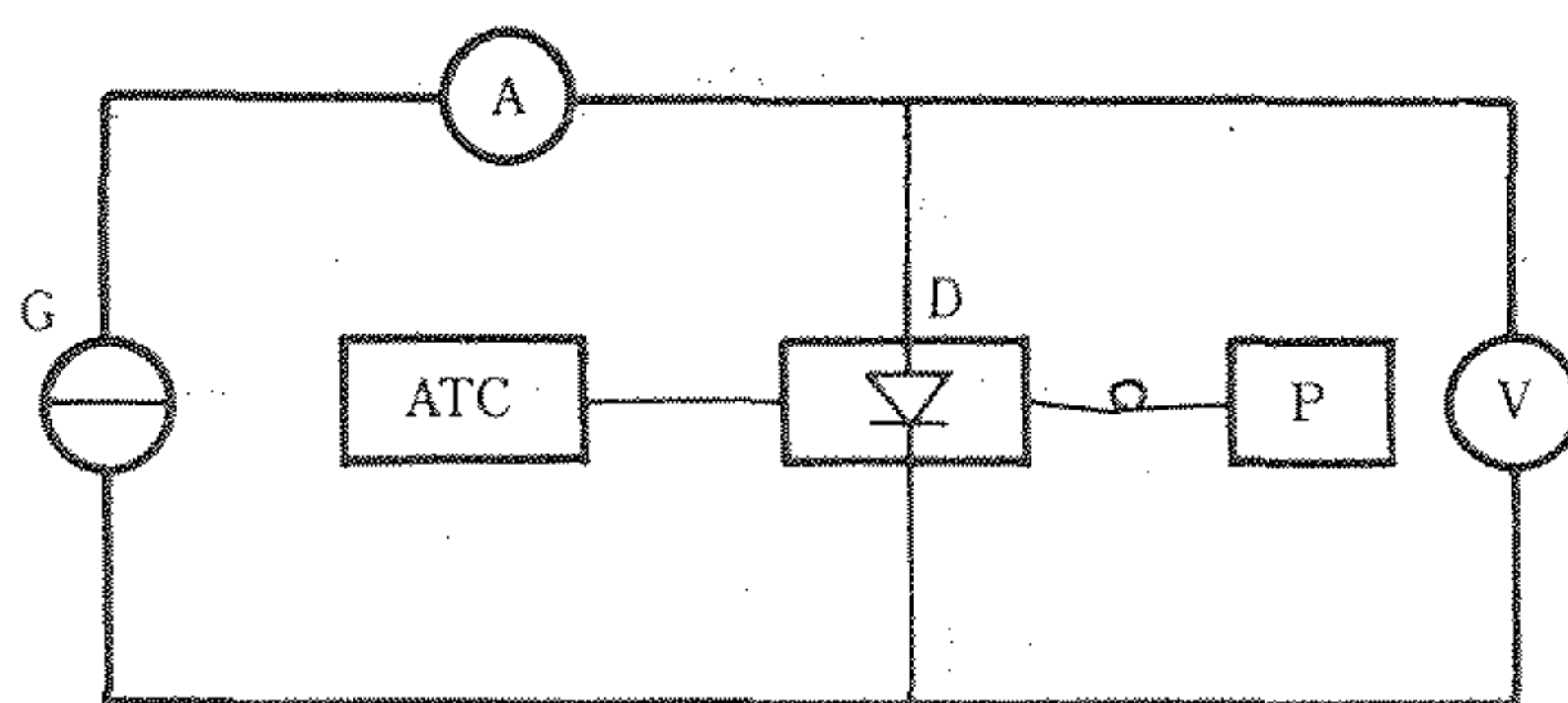
$$\text{消光比}(\zeta) = 10\lg(\Phi_o/\Phi_{TH}) \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots\dots(3)$$

4.7 正向电压 V_F -正向电流 I_F 特性曲线

4.7.1 目的

检测分布反馈激光二极管组件在不同的正向电流下的正向压降,并绘出 V_F - I_F 特性曲线。

4.7.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件;ATC—自动温度控制装置;G—直流电流源;
P—光功率计;V—直流电压表;A—直流电流表

图 11 V_F - I_F 特性曲线检测原理图

4.7.3 检测条件

ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值。

4.7.4 检测方法

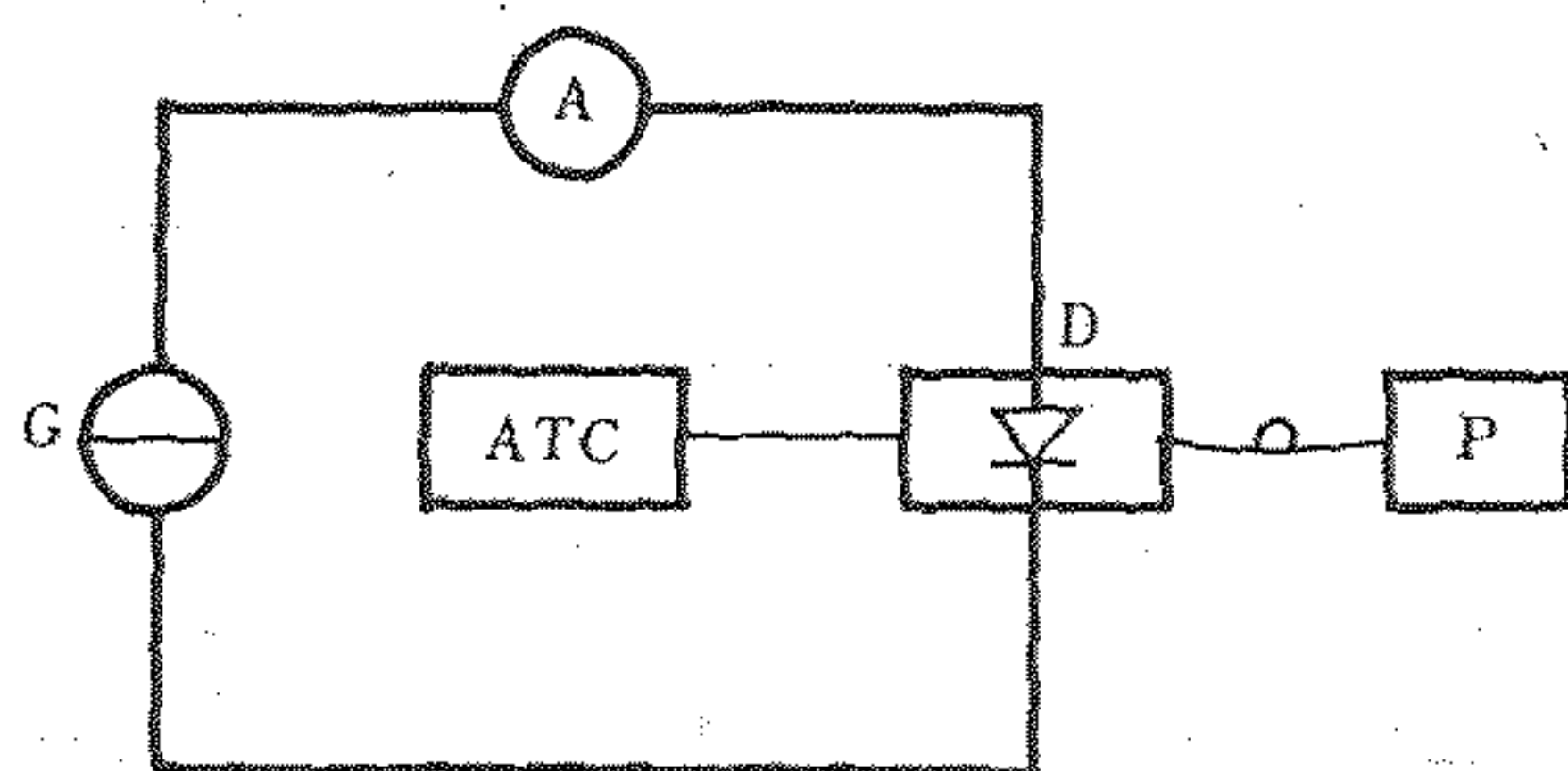
按图 11 所示,给被测分布反馈激光二极管组件施加直流驱动电流,并记录器件二端的正向电压与对应的正向电流值在笛卡尔坐标上绘出 V_F - I_F 特性曲线。

4.8 微分电阻(R_d)

4.8.1 目的

检测分布反馈激光二极管组件的微分电阻。

4.8.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件；ATC—自动温度控制装置；G—直流电流源；

P—光功率计；V—直流电压表；A—直流电流表

图 12 微分电阻检测原理图

4.8.3 检测条件

ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值。

4.8.4 检测方法

按图 12 所示，给被测器件施加直流驱动电流，同时监视其两端之间电压，在笛卡尔坐标上作出 V_F - I_F 曲线，在该曲线的线性范围内找出两个邻近的工作点的电流 I_{F1} 、 I_{F2} 及电压 V_{F1} 、 V_{F2} ，微分电阻可由式 (4) 计算。

$$R_d = \Delta V_F / \Delta I_F \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： $\Delta V_F = V_{F2} - V_{F1}$

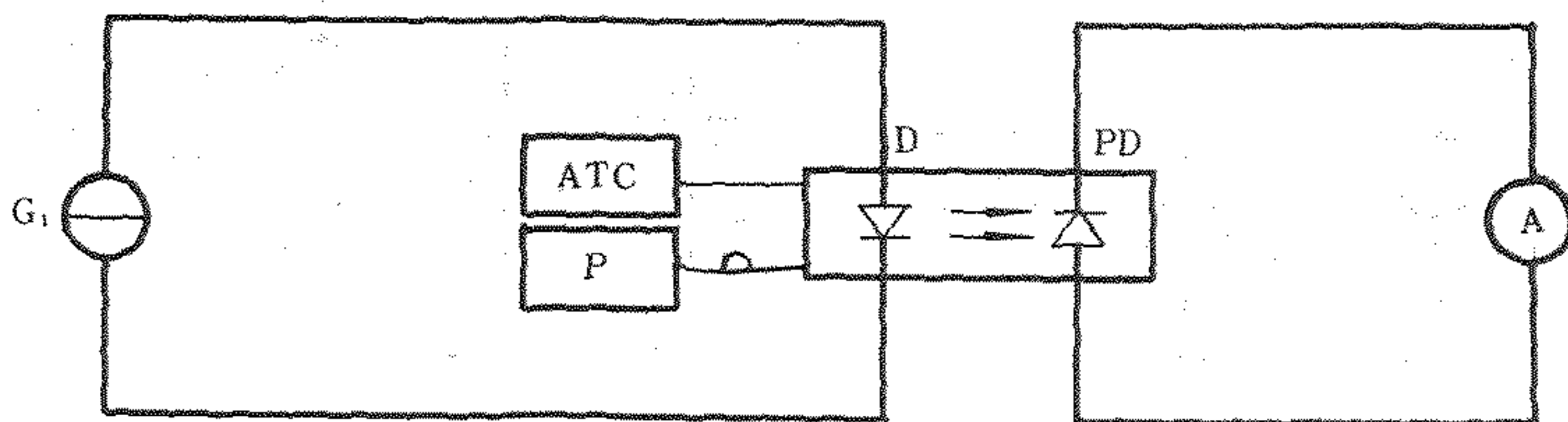
$\Delta I_F = I_{F2} - I_{F1}$

4.9 探测器监测光电流 I_{MON} -输出光功率 Φ_e 特性曲线

4.9.1 目的

检测探测器在分布反馈激光二极管组件不同的输出光功率下的监测电流 I_{MON} -输出光功率 Φ_e 特性曲线。

4.9.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件；ATC—自动温度控制装置；G₁—直流电流源；

A—直流电流表；P—光功率计；PD—探测器

图 13 I_{MON} - Φ_e 特性检测原理图

4.9.3 检测条件

ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值。

4.9.4 检测方法

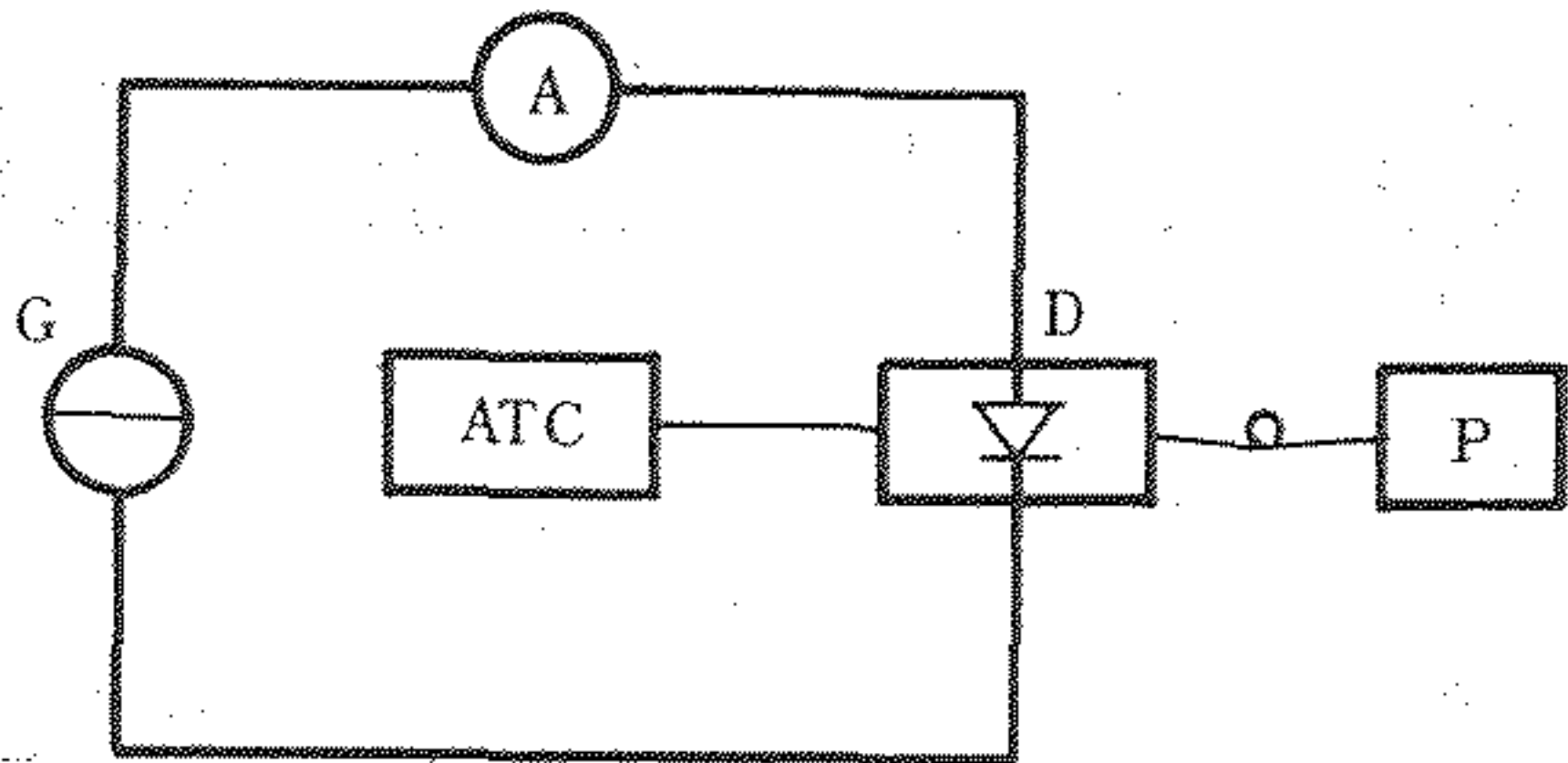
按图 13 所示，给分布反馈激光二极管组件施加不同的直流驱动电流，并测出相应的输出光功率，及背向监测探测器的光电流 I_{MON} ，在笛卡尔坐标上绘出 I_{MON} - Φ_e 曲线。

4.10 斜率效率 (η_d)

4.10.1 目的

检测分布反馈激光二极管的斜率效率。

4.10.2 检测原理图



D—被测分布反馈激光二极管组件；ATC—自动温度控制装置；G—直流电流源；
P—光功率计；A—直流电流表

图 14 斜率效率检测原理图

4.10.3 检测条件

ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值。

4.10.4 计算方法

在图 9 输出光功率-正向电流曲线上，找出额定输出光功率 Φ_0 ，以及 $10\%\Phi_0$ 和 $90\%\Phi_0$ ，所对应的正向电流， $I_{F(10\%)}$ 和 $I_{F(90\%)}$ ，由公式(5)计算出斜率效率。

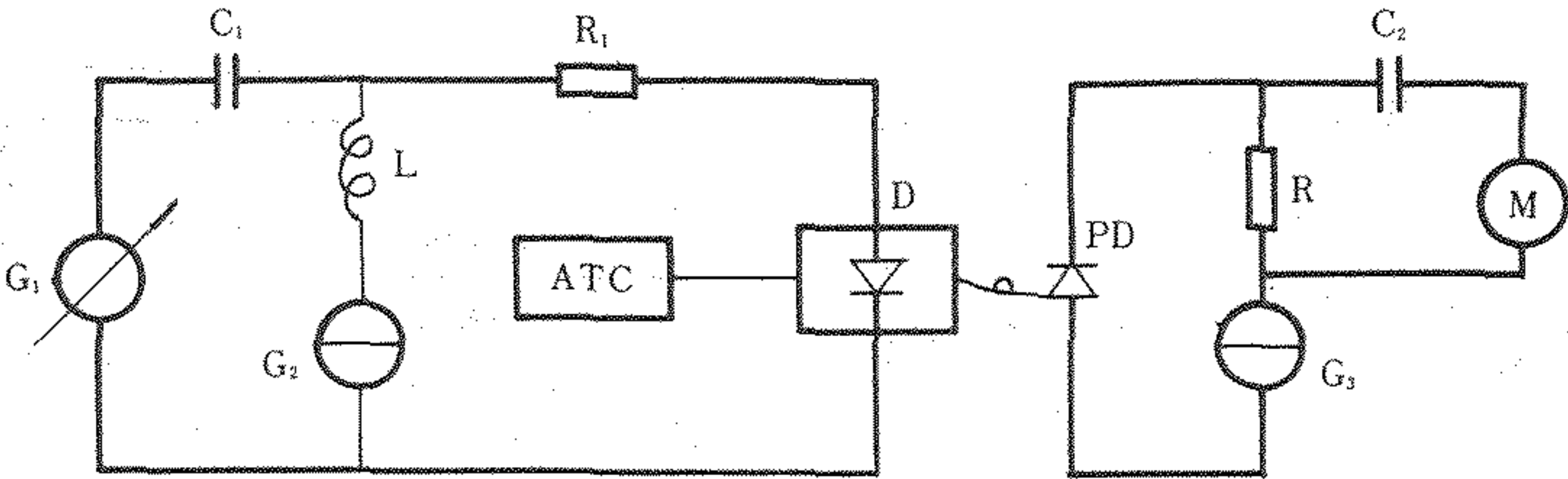
$$\eta_d = \frac{90\%\Phi_0 - 10\%\Phi_0}{I_{F(90\%)} - I_{F(10\%)}} \dots\dots\dots(5)$$

4.11 小信号频率响应

4.11.1 目的

检测分布反馈激光二极管组件的小信号频率响应。

4.11.2 检测原理图



G₁—频率可调正弦信号发生器；G₂—直流电流电源；G₃—直流电压电源；R₁—匹配电阻；R—匹配电阻；C₁—耦合电容；C₂—耦合电容；M—测量仪器(例如频谱分析仪)；D—被测分布反馈激光二极管组件；PD—光电探测器；ATC—自动温度控制装置；L—电感

图 15 小信号频率响应特性检测原理图

4.11.3 检测条件

- a) ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值；
- b) 直流偏置电流；
- c) 光电探测器的截止频率应大于被测器件的截止频率 f_c ，且具有高线性度；
- d) 正弦调制信号应足够小；
- e) G₁ 的频率范围远大于分布反馈激光二极管组件的 f_c ；
- f) G₁ 的频响平坦度远优于分布反馈激光二极管组件的频响特性平坦度。

4.11.4 检测方法

按图 15 所示,给被测分布反馈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。

保持正弦调制电流恒定,增加调制频率,取光电探测器的交流输出比低频时输出下降 3 dB 时所对应的频率为截止频率 f_c ,测出分布反馈激光二极管组件频率响应曲线,如图 16。

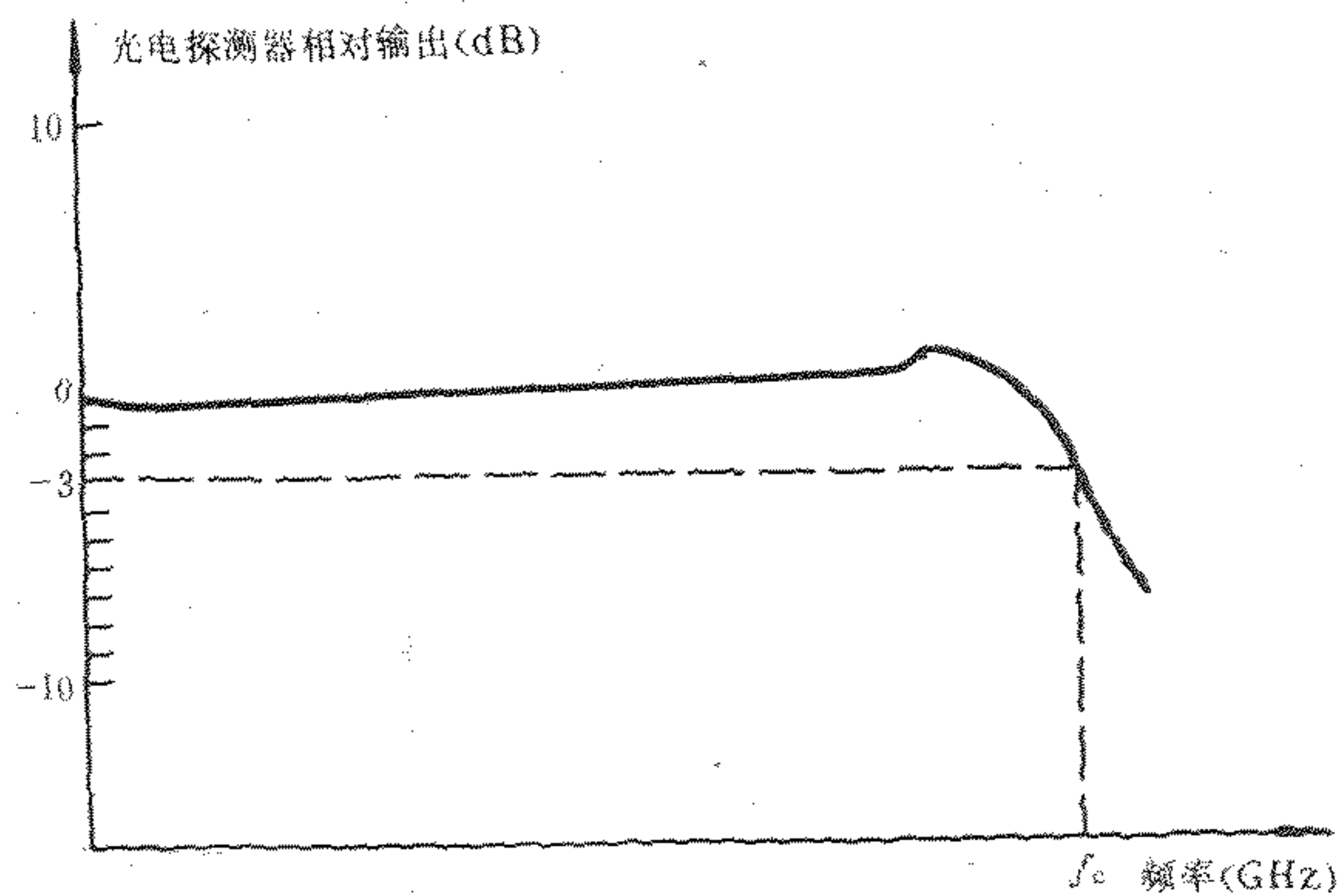


图 16 小信号频率响应特性

4.12 开关时间

4.12.1 目的

检测分布反馈激光二极管组件的上升时间 t_r , 开通延迟时间 $t_{d(on)}$, 开通时间 t_{on} , 关断延迟时间 $t_{d(off)}$, 下降时间 t_f , 关断时间 t_{off} 。见图 17。

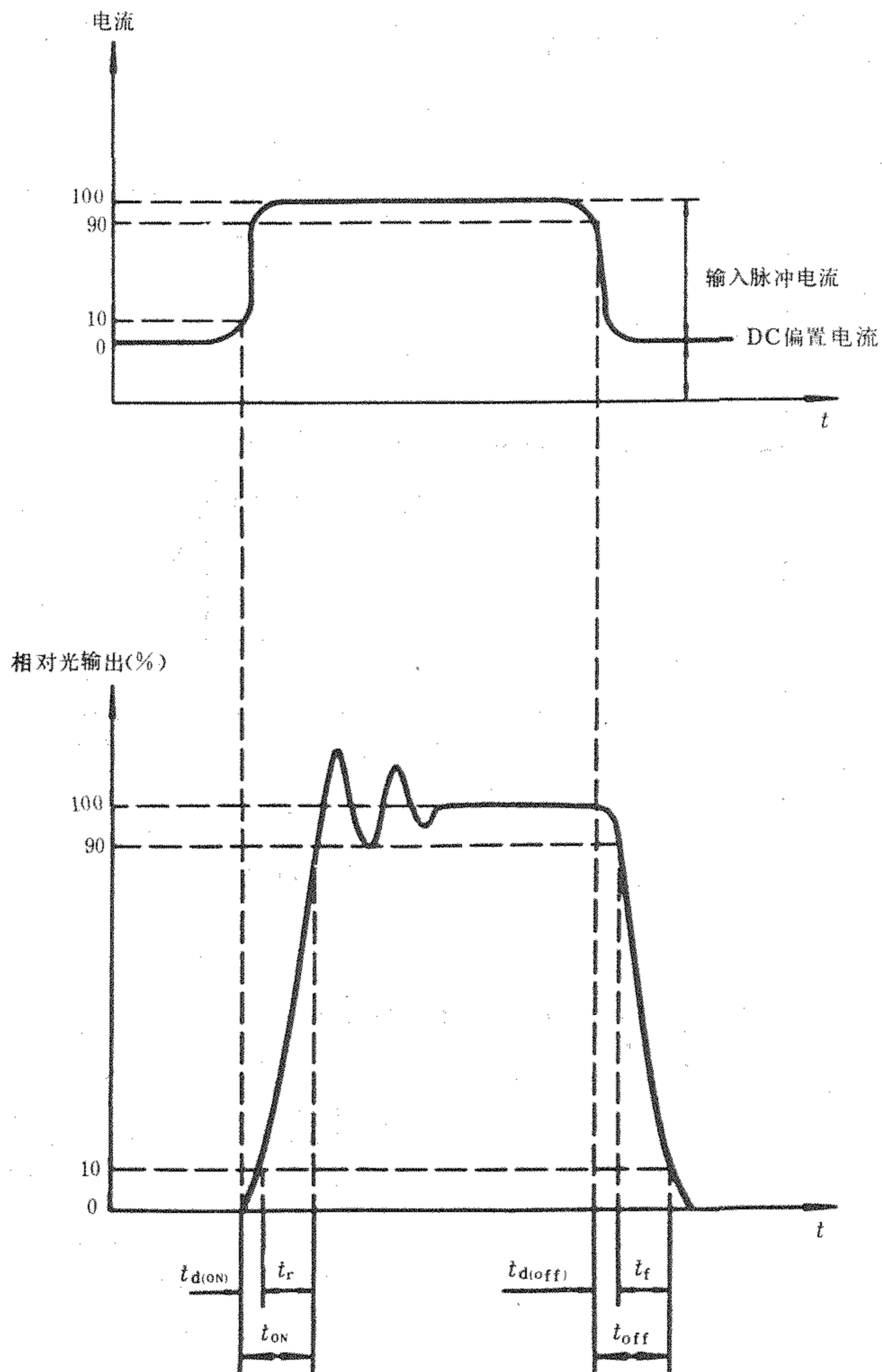
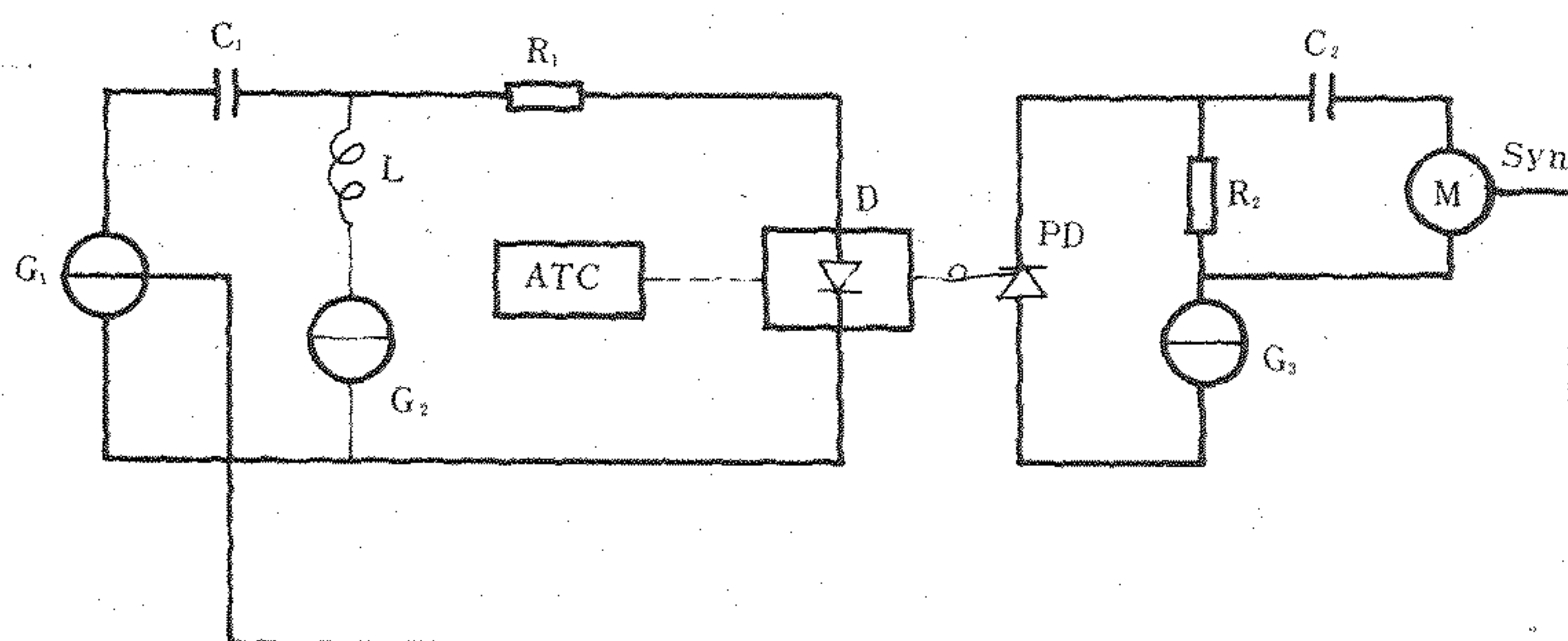


图 17 开关时间示意图

在图 17 中给予规定 100% 电平是在光脉冲顶端获得的平均输出光功率, 0% 电平是由直流偏置电流获得的输出光功率。

4.12.2 检测原理图见图 18。



D—被测分布反馈激光二极管；PD—光电探测器；G₁—脉冲发生器；G₂—直流电流源；G₃—直流电压源；C₁—耦合电容；C₂—耦合电容；M—测量仪器（例如示波器）；R₁—匹配电阻；R₂—匹配电阻；Syn—同步信号；ATC—自动温度控制装置；L—电感

图 18 开关时间检测原理图

4.12.3 检测条件

- 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 应使分布反馈激光二极管的热沉温度处于规定值；
- 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；
- 输入脉冲的上升、下降时间应远小于被测器件的上升、下降时间。

4.12.4 检测方法

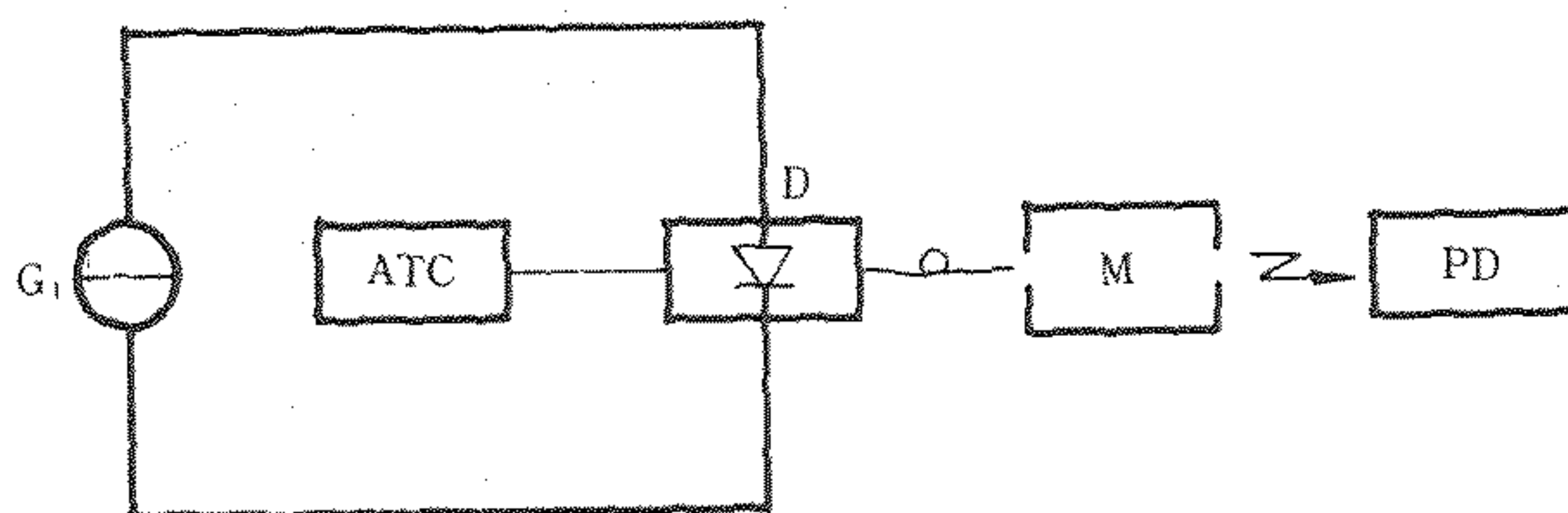
按图 18 所示，给被测分布反馈激光二极管组件施加规定的直流偏置电流和脉冲电流，由测量仪表测出脉冲输入、输出、波形并计算开关时间。

4.13 光谱特性

4.13.1 目的

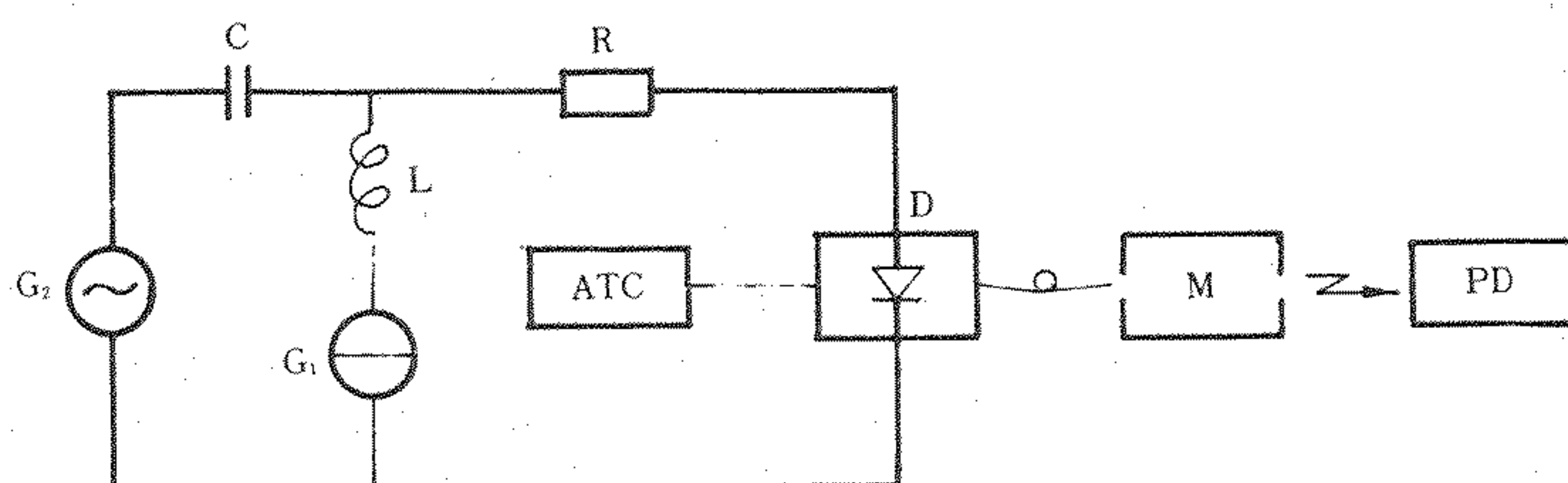
检测分布反馈激光二极管组件在直流或调制状态下的纵模特性—峰值波长 λ_p 、边模抑制比 SMSR 与 -20 dB 光谱宽 $\Delta\lambda$ 。

4.13.2 检测原理图



G₁—直流电流源；D—被测分布反馈激光二极管组件；M—单色仪；PD—光电探测器；ATC—自动温度控制装置

图 19 直流状态下的检测原理图



C—耦合电容; G_2 —调制信号发生器; L—电感; G_1 —直流电流源; R—匹配电阻; ATC—自动温度控制装置; M—单色仪; D—被测分布反馈激光二极管组件; PD—光电探测器

图 20 调制状态下的检测原理图

4.13.3 检测条件

- ATC 应使分布反馈激光二极管热沉温度处于规定值;
- 给定光功率值或正向电流值;
- 调制状态下的调制频率与调制深度;
- 单色仪要有足够的分辨率(应 ≤ 0.1 nm), 检测系统要有足够的动态范围(应 > 40 dB);
- 应使反射回被测器件的光减至最小, 确保光谱响应不受明显的影响。

4.13.4 检测方法

按图 19、20 所示, 给分布反馈激光二极管组件施加正向驱动电流, 使输出光功率达到规定值, 单色仪在所要求范围内扫描, 直到探测器上得到最大光功率, 其对应的波长为峰值波长 λ_p 。单色仪在 λ_p 两边适当扫描, 使两侧功率值下降 20 dB, 对应的波长间隔为 -20 dB 的谱宽 $\Delta\lambda_0$, 描绘出光谱特性曲线如图 21, λ_p 所对应的功率 Φ_{ep} 与相邻次最大纵模 Φ_{es} 功率之比即为边模抑制比 SMSR (见图 21), SMSR 由式 (6) 计算。

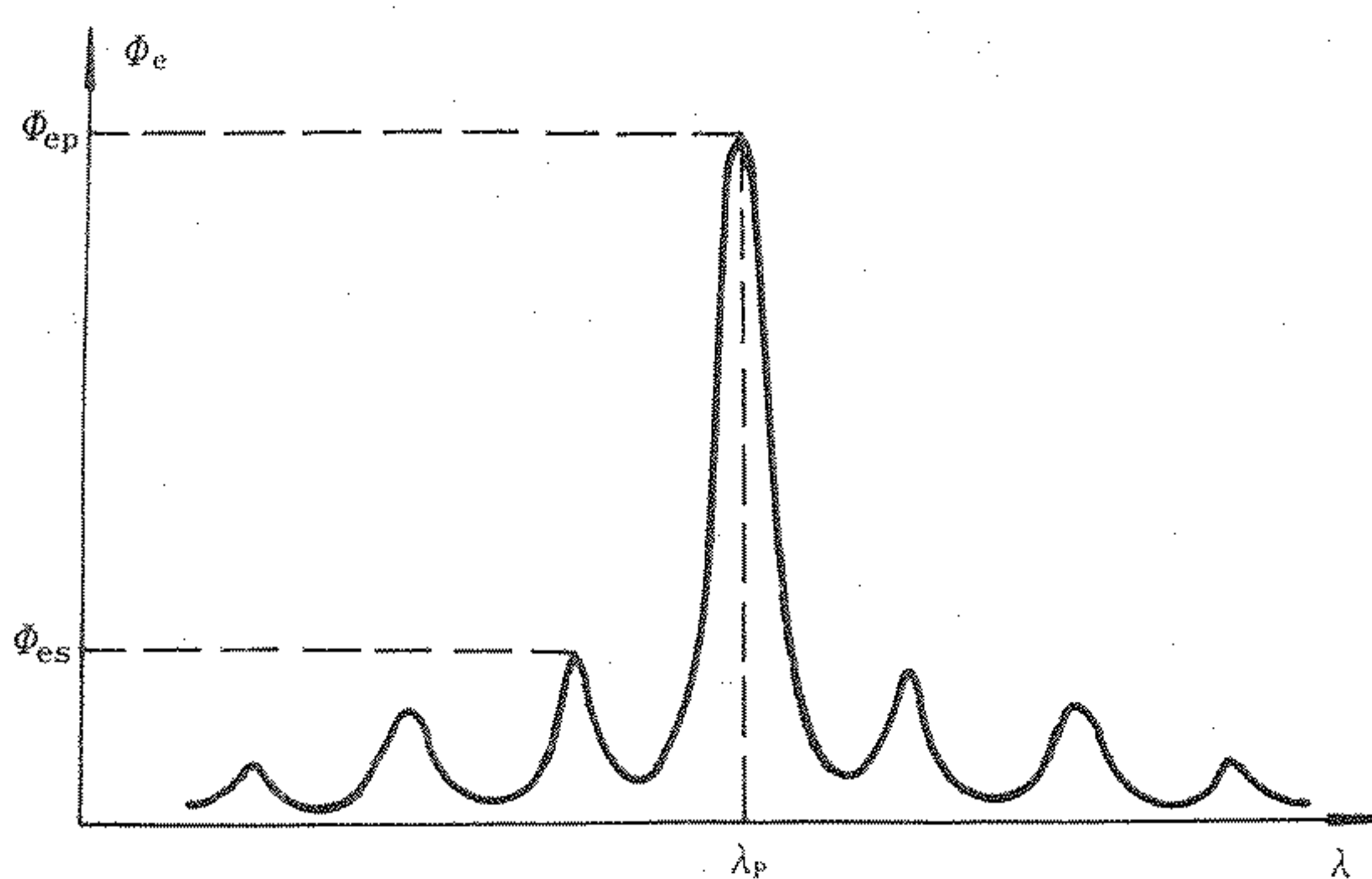


图 21 光谱特性曲线

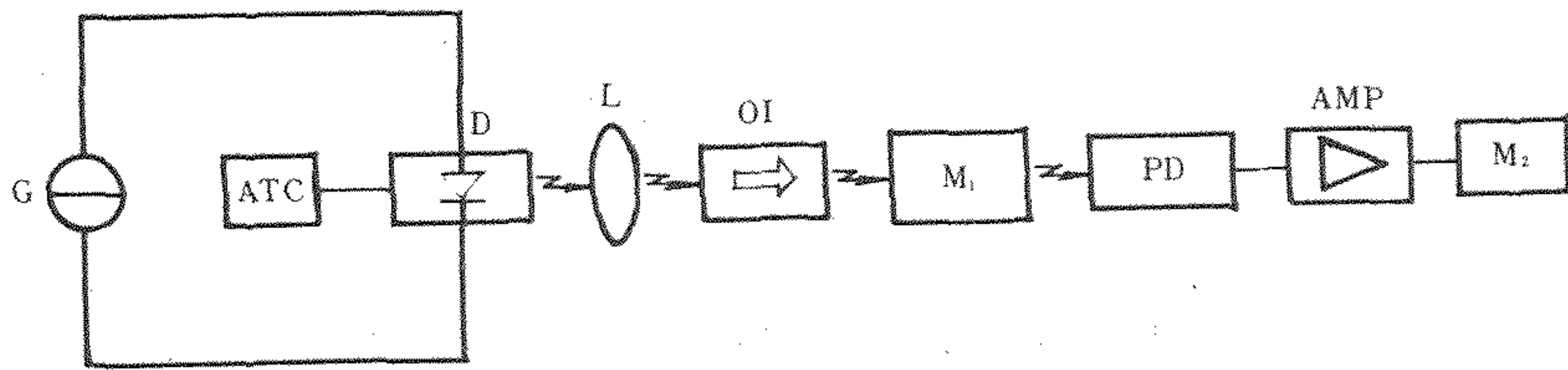
$$\text{SMSR} = 10 \lg \left(\frac{\Phi_{ep}}{\Phi_{es}} \right) \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

4.14 光谱线宽 Δu

4.14.1 目的

检测分布反馈激光二极管组件主振荡纵模的谱线宽度。

4.14.2 检测原理图



G—直流电流源; ATC—自动温度控制装置; D—被测分布反馈激光二极管; L—透镜; OI—光隔离器; M_1 —自外差或自零差干涉仪或 F-P 腔干涉仪; PD—探测器; AMP—放大器; M_2 —频谱分析仪(对于自外差或自零差式干涉仪)或示波器(对于 F-P 腔干涉仪)

图 22 谱线宽度检测原理图

4.14.3 检测条件

- ATC 应使分布反馈激光二极管的热沉处于 25°C ;
- 分布反馈激光二极管的直流工作电流应大于 $I_{(\text{TH})}$ 或输出光功率 Φ_e 达到指定功率;
- 输出光功率值;
- 应使反射会被测器件的光减至最小;
- 直流电流源应有足够的稳定度, 不至于增大被测器件的线宽。

4.14.4 检测方法

按图 22 所示, 给被测分布反馈激光二极管组件施加大于阈值 $I_{(\text{TH})}$ 的直流驱动电流或相对应于指定功率的正向电流, 调节干涉仪使 PD 获得最大值, 并由频谱分析仪或示波器测出线宽。