

## 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,622 Mb/s、2.5 Gb/s 光纤通信系统已先后建立,并已进入实用化阶段,与之相对应的光电器件如接收机的接收器件也应向高速、超长距离方面发展,长波长雪崩光电二极管能满足这方面的要求,由于多年的努力,长波长雪崩光电二极管已实现产业化,为了实现邮电部对光纤通信设备的规范化和与之相对应的长波长雪崩光电二极管测试条件的规范化,特制定本标准。

“雪崩光电二极管检测方法”基本是等效采用 IEC-747-5(1992)中关于“APD”检测方法的有关规定。

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电信器件公司负责起草。

本标准主要起草人:许秀祚、李平、吴济。



# 雪崩光电二极管检测方法

## 1 范围

本标准规定了带尾纤或不带尾纤的雪崩光电二极管光电参数的检测项目及检测方法。  
本标准适用于带尾纤或不带尾纤的雪崩光电二极管的光电参数检测。

## 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:光电子器件

## 3 术语和符号

### 3.1 术语

#### 3.1.1 雪崩光电二极管(APD)

在一定反向偏置电压作用下,由于载流子倍增初始光电流在其内部能获得放大的光电二极管。

#### 3.1.2 反向电流 $I_{R(H)}$ (在光照射下)

当雪崩光电二极管受到入射光照时总的反向电流。

#### 3.1.3 暗电流 $I_{R(D)}$

无光照时雪崩光电二极管的反向电流。

#### 3.1.4 光电流 $I_P$

由光照射雪崩光电二极管所产生的净反向电流。

$$I_P = I_{R(H)} - I_{R(D)} \dots\dots\dots (1)$$

#### 3.1.5 初始光电流 $I_{P0}$

雪崩光电二极管在未产生载流子倍增时的光电流。

#### 3.1.6 反向击穿电压 $V_{BR}$

在无光照时,使暗电流达到规定值时,对应的反向偏压。

#### 3.1.7 响应度 $R$

在给定波长光照下,初始光电流与入射光功率  $\Phi_e$  之比。

$$R = I_{P0}/\Phi_e \dots\dots\dots (2)$$

#### 3.1.8 量子效率 $\eta$

在给定波长光照射下,在无倍增时能产生并被雪崩光电二极管电极收集的电子—空穴对数与入射光子数之比。

$$\eta = Rhc/q\lambda \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $h$ ——普郎克常数;

$q$ ——电子电荷;

$\lambda$ ——波长;



$c$ ——光速。

### 3.1.9 光谱响应

雪崩光电二极管的响应度随波长的变化。

#### 3.1.9.1 峰值响应波长 $\lambda_p$

光谱响应最大值所对应的波长。

#### 3.1.9.2 极限波长 $\lambda_{1/2}$ 和 $\lambda_{01}$

$\lambda_{1/2}$ : 光谱响应下降到最大值的一半处所对应的波长。

$\lambda_{01}$ : 光谱响应下降到最大值的 10% 处所对应的波长。

#### 3.1.9.3 光谱响应范围

雪崩光电二极管短波极限波长与长波极限波长之间的光谱段。

### 3.1.10 倍增因子 $M$

在光照射下, 有载流子倍增时的光电流  $I_P$  与初始光电流  $I_{P0}$  之比(见图 1)。

$$M = I_P / I_{P0} \quad \dots\dots\dots (4)$$

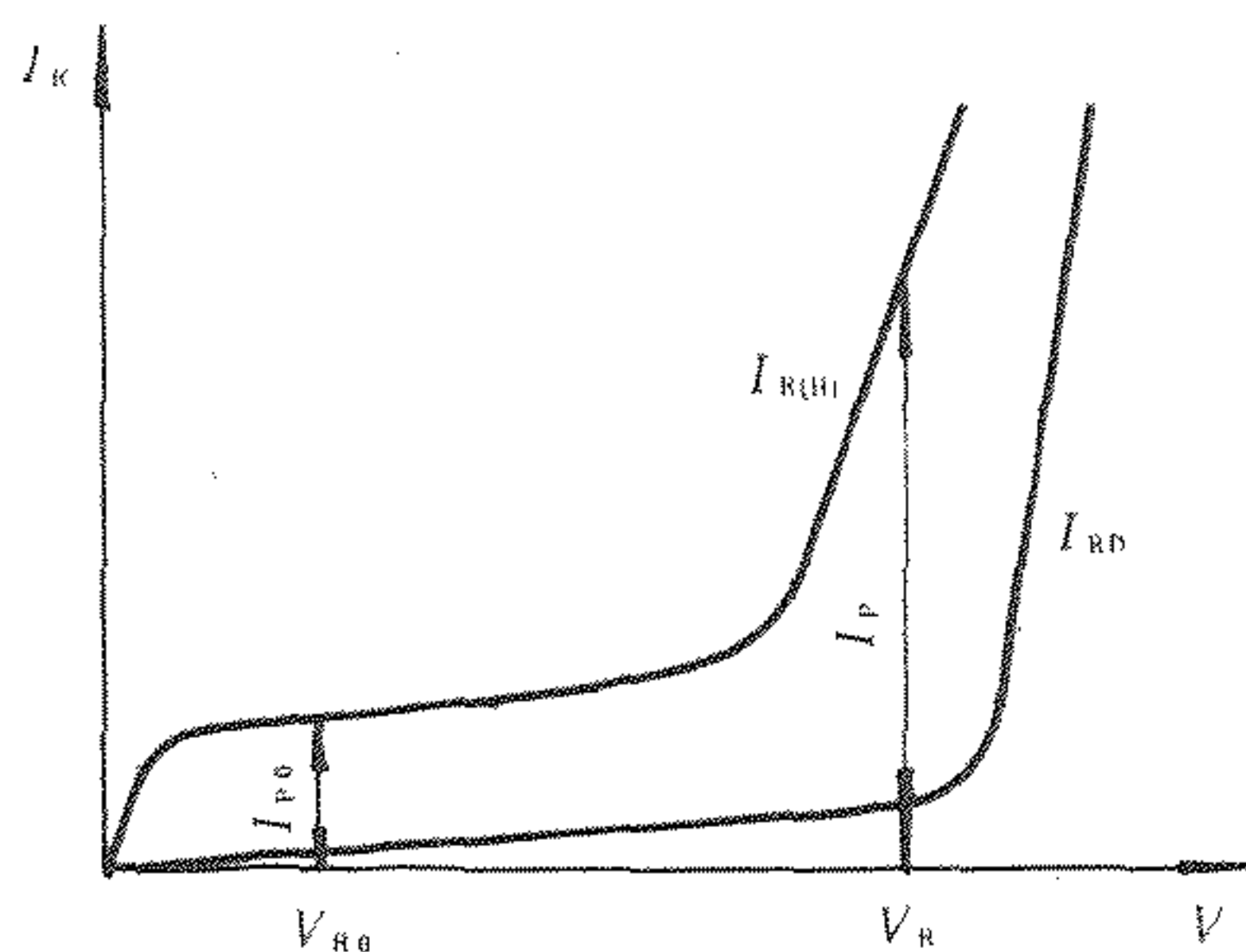


图 1 雪崩光电二极管的倍增因子示意图

### 3.1.11 过剩噪声因子 $F$

雪崩光电二极管光电流在倍增过程中的实际噪声与无噪声倍增时的噪声之比。

$$F = \frac{V_n^2}{2qI_{P0}M^2R_L^2\Delta f_N} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:  $V_n$ ——雪崩光电二极管输出噪声电压的均方根值;

$q$ ——电子电荷;

$\Delta f_N$ ——噪声带宽;

$R_L$ ——负载电阻;

$I_{P0}$ ——初始光电流;

$M$ ——倍增因子。

### 3.1.12 总电容 $C_{tot}$

无光照时在给定反向偏压下, 雪崩光电二极管两极之间的电容。

### 3.1.13 截止频率 $f_c$

当入射光信号调制度和调制幅度保持不变时, 雪崩光电二极管输出的信号功率下降至低频时输出功率一半时所对应的调制频率。

### 3.1.14 响应时间(见图 2)

#### 3.1.14.1 开通延迟时间 $t_{d(on)}$

输入光脉冲前沿规定的低电平与雪崩光电二极管输出电脉冲前沿规定的低电平之间的间隔时间。



3.1.14.2 上升时间  $t_r$

雪崩光电二极管输出电脉冲规定低电平与输出电脉冲规定的高电平之间的间隔时间。

注

- 1 规定的低电平一般为脉冲峰值的 10%。
- 2 规定高电平一般为脉冲峰值的 90%。
- 3 下同。

3.1.14.3 开通时间  $t_{on}$

输入光脉冲前沿规定低电平与雪崩光电二极管输出电脉冲前沿规定的高电平之间的间隔时间。

$t_{on} = t_{d(on)} + t_r$  ..... ( 6 )

3.1.14.4 关断延迟时间  $t_{d(off)}$

输入光脉冲后沿规定的高电平与雪崩光电二极管输出电脉冲后沿规定高电平之间的间隔时间。

3.1.14.5 下降时间  $t_f$

雪崩光电二极管输出的电脉冲后沿规定的高电平与输出电脉冲后沿规定的低电平之间的间隔时间。

3.1.14.6 关断时间  $t_{off}$

输入光脉冲后沿规定的高电平与雪崩光电二极管输出电脉冲后沿规定的低电平之间的间隔时间。

$t_{off} = t_{d(off)} + t_f$  ..... ( 7 )

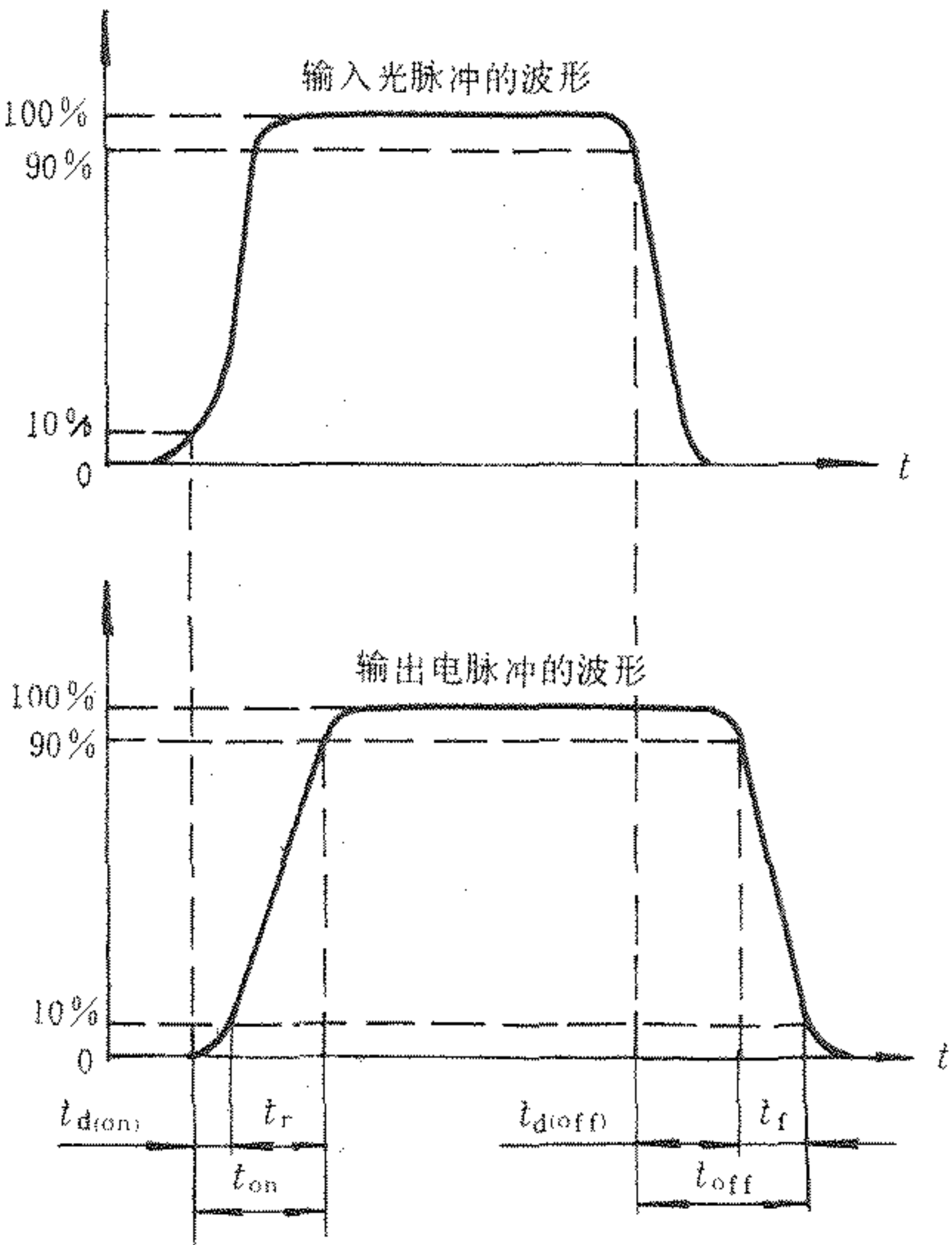


图 2 雪崩光电二极管的响应时间示意图

3.1.15 反向击穿电压温度系数  $\beta$

雪崩光电二极管的反向击穿电  $V_{BR}$  随环境温度  $T$  的相对变化。

$$\beta = \frac{V_{BR}(T_0 + \Delta T) - V_{BR}(T_0)}{V_{BR}(T_0) \cdot \Delta T}$$
 ..... ( 8 )

3.2 符号



表 1 术语和符号

名 称	单 位	符 号	名 称	单 位	符 号
反向击穿电压	V	$V_{BR}$	关闭时间	s	$t_{off}$
反向电流	$10^{-6}A$	$I_{R(H)}$	截止频率	Hz	$f_c$
暗电流	$10^{-9}A$	$I_{R(D)}$	总电容	pF	$C_{tot}$
光电流	$10^{-9}$	$I_P$	反向电压	V	$V_R$
响应度	A/W	$R$	温 度	℃	$T$
峰值波长	$\mu m$	$\lambda_P$	初始光电流	$\mu A$	$I_{P0}$
极限波长	$\mu m$	$\lambda_{01}$ (或 $\lambda_{1/2}$ )	倍增因子		$M$
开通延迟时间	s	$t_{d(on)}$	过剩噪声因子		$F$
开通时间	s	$t_{on}$	量子效率		$\eta$
上升时间	s	$t_r$	辐射功率	$\mu W$	$\Phi_e$
下降时间	s	$t_f$	反向击穿电压温度系数		$\beta$
关闭延迟时间	s	$t_{d(off)}$			

4 基本额定值和特性

4.1 类型

用于在光纤系统或子系统中规定了工作环境或管壳温度的雪崩光电二极管。

4.2 半导体

4.2.1 材料

InGaAs、Ge、Si。

4.2.2 结构

4.3 外形和封装说明

4.3.1 引用 IEC 和(或)国家标准的外形图号。

4.3.2 封装方法:金属封装。

4.3.3 引出端识别和引出端与管壳之间的任何电连接的标记。

4.3.4 尾纤数据:连接器类型与尾纤长度。

4.4 工作温度范围内的极限值

4.4.1 尾纤最小弯曲半径。

4.4.2 最低和最高贮存温度( $T_{stg}$ )。

4.4.3 最低和最高工作环境温度( $T_{amb}$ )或管壳温度( $T_{case}$ )。

4.4.4 最高焊接温度( $T_{mid}$ ),规定焊接时间和至管壳的最小距离。

4.4.5 在环境温度为 25℃时雪崩光电二极管的最大功耗。

4.4.6 沿着光纤或光缆轴向的最大拉力(适用时)。

4.4.7 最大反向电流( $I_{R(H)}$ )。

4.4.8 最大正向电流( $I_F$ )。

4.5 光电特性

表 2 雪崩光电二极管光电特性

特 性	条 件 ( $T_{\text{amb}}$ 或 $T_{\text{case}}=25^{\circ}\text{C}$ 除非另外规定)	符 号	要 求
击穿电压	$\Phi_e=0, I_{\text{R(D)}}$ 为规定值	$V_{\text{BR}}$	最小值、最大值
暗电流	$\Phi_e=0, V_{\text{R}}$ 为规定值	$I_{\text{R(D)}}$	最大值
响应度	$V_{\text{R0}}^{1)} \Phi_e \lambda_{\text{P}}^{2)}$ 为规定值	$R$	最小值
倍增因子	$\lambda, I_{\text{P0}}$ 为规定值	$M$	最小值、典型值
总电容	$V_{\text{R}}, f$ 为规定值, $\Phi_e=0$	$C_{\text{tot}}$	最大值
截止频率	$V_{\text{R}}, \lambda, M, \Phi_e, R_{\text{L}}$ 为规定值	$f_{\text{c}}$	最小值
上升时间	$V_{\text{R}}, \lambda, R_{\text{L}}, \Phi_e$ 为规定值		最大值
下降时间	$V_{\text{R}}, \lambda, R_{\text{L}}, \Phi_e$ 为规定值	$t_{\text{f}}$	最大值
击穿电压的温度系数	$\Phi_e=0, I_{\text{R(D)}}$ 为规定值	$\beta$	典型值
过剩噪声因子	$\lambda, J_{\text{P0}}, M$ 为规定值	$F$	典型值
1) $V_{\text{R0}}$ 的值应足够小, 在该值下载流子倍增可以忽略, 同时 $V_{\text{R0}}$ 值应足够大, 在该值下器件产生全耗尽。 2) $\lambda$ 为入射光常用波长 (如对长波长光纤通信用 APD 波长一般为 $1.55 \mu\text{m}$ 或 $1.3 \mu\text{m}$ )。			

- 4.6 补充资料
- 4.6.1 反向击穿电压与温度的关系曲线。
- 4.6.2 光谱响应曲线。
- 4.6.3 电容电压关系曲线。
- 4.6.4 在不同温度下, 倍增因子与反向电压关系曲线。
- 4.6.5 在不同温度下, 暗电流与反向电压关系曲线。
- 4.6.6 过剩噪声因子与倍增因子的关系曲线。
- 4.6.7 以管壳为基准的光敏面的位置 (不带尾纤的雪崩光电二极管)。

5 检测内容

5.1 光谱响应特性的检测

5.1.1 目的

检测雪崩光电二极管的波长响应范围。

5.1.2 检测装置 (见图 4)

采用下列三种不同的条件之一:

检测条件 1: 被测器件光轴对准光具座光轴。

检测条件 2: 按被测器件封装类型所规定的基准进行定位, 并使机械方位能够重复。

检测条件 3: 对于带尾纤的被测器件, 用聚焦的方法对准被测器件的光窗, 以接收入射光功率。



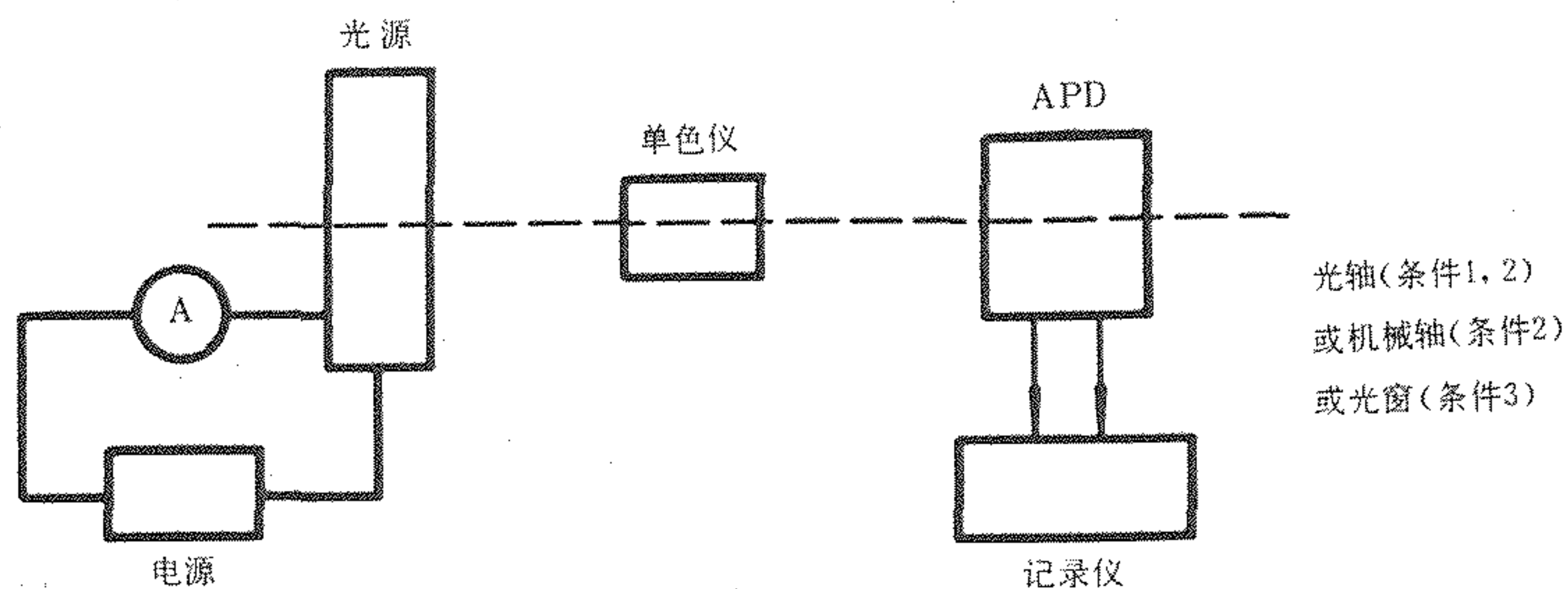
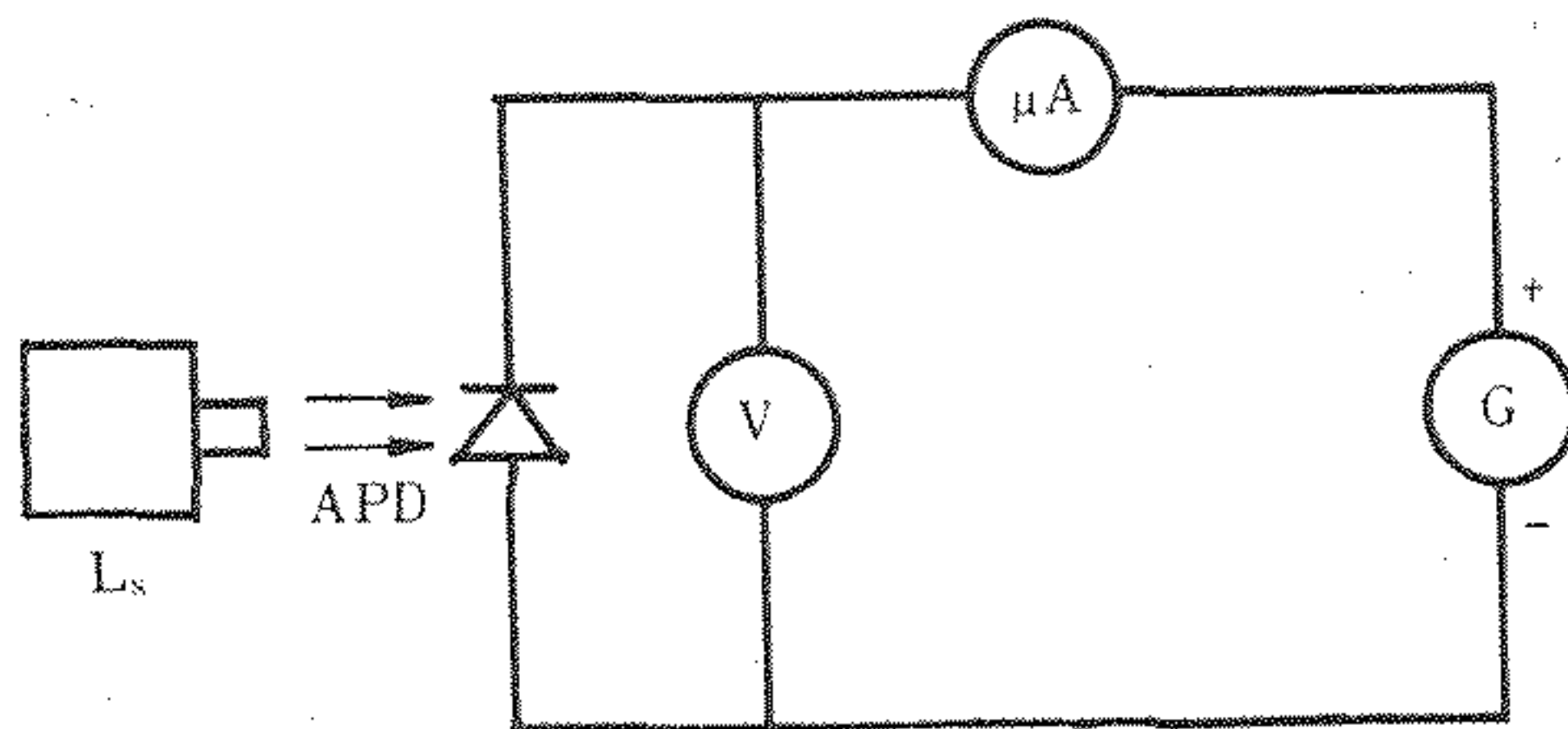


图 3 光谱响应检测装置

## 5.1.3 检测原理图



APD—被测雪崩光电二极管；G—直流电源；V—直流电压表；  
 $\mu A$ —直流微安表； $L_s$ —波长可调的光源

图 4 光谱响应检测原理图

## 5.1.4 检测装置的说明和要求

用一检测插座将被测器件安装在校准过的光具座上(检测条件 1、2 或 3)或安装在校准过的检测装置上(检测条件 2)

光源应为标准光源(非单色光源),它包括校准过的标准灯及其稳压电源和电流表。

## 5.1.5 注意事项

- 光源波长范围要能复盖被测器件的光谱响应范围；
- 应保证光学面的清洁度；
- 检测前应使光源稳定；
- 在用标准光源作光源时,应在被测器件前面放置一个光栏以抑制寄生辐射光；
- 对于带尾纤的被测器件应注意照射到被测器件的光敏面上。

## 5.1.6 检测步骤

按图 4 和图 5 所示：

- 将温度调到规定值；
- 管座放在离光源一定距离的地方,该处的照度应有规定；
- 被测器件插入管座,并按规定加上偏置电压；
- 由单色仪扫描,将不同波长的单色光送入被测器件；
- 记录仪记录出被测器件的相对响应度与波长的关系即光谱响应曲线。

## 5.1.7 规定条件

- 环境或管壳温度；
- 被测器件的偏置电压；
- 检测条件；

- d) 入射功率;
- e) 标准光源的波长范围。

## 5.2 响应度的检测

### 5.2.1 目的

测量雪崩光电二极管在没有倍增时对某一特定波长的入射光的响应能力。

### 5.2.2 检测装置

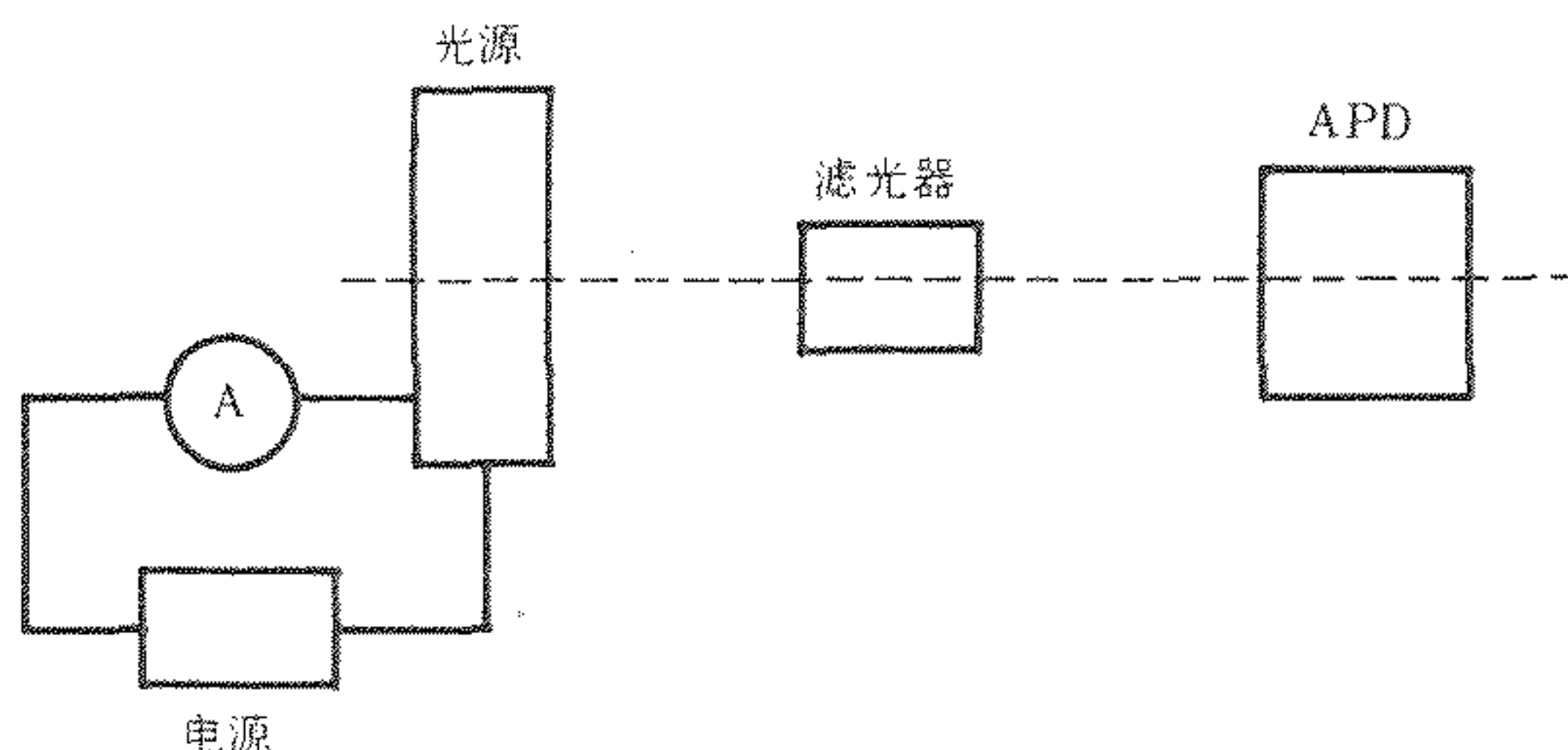


图 5 响应度测试装置示意图

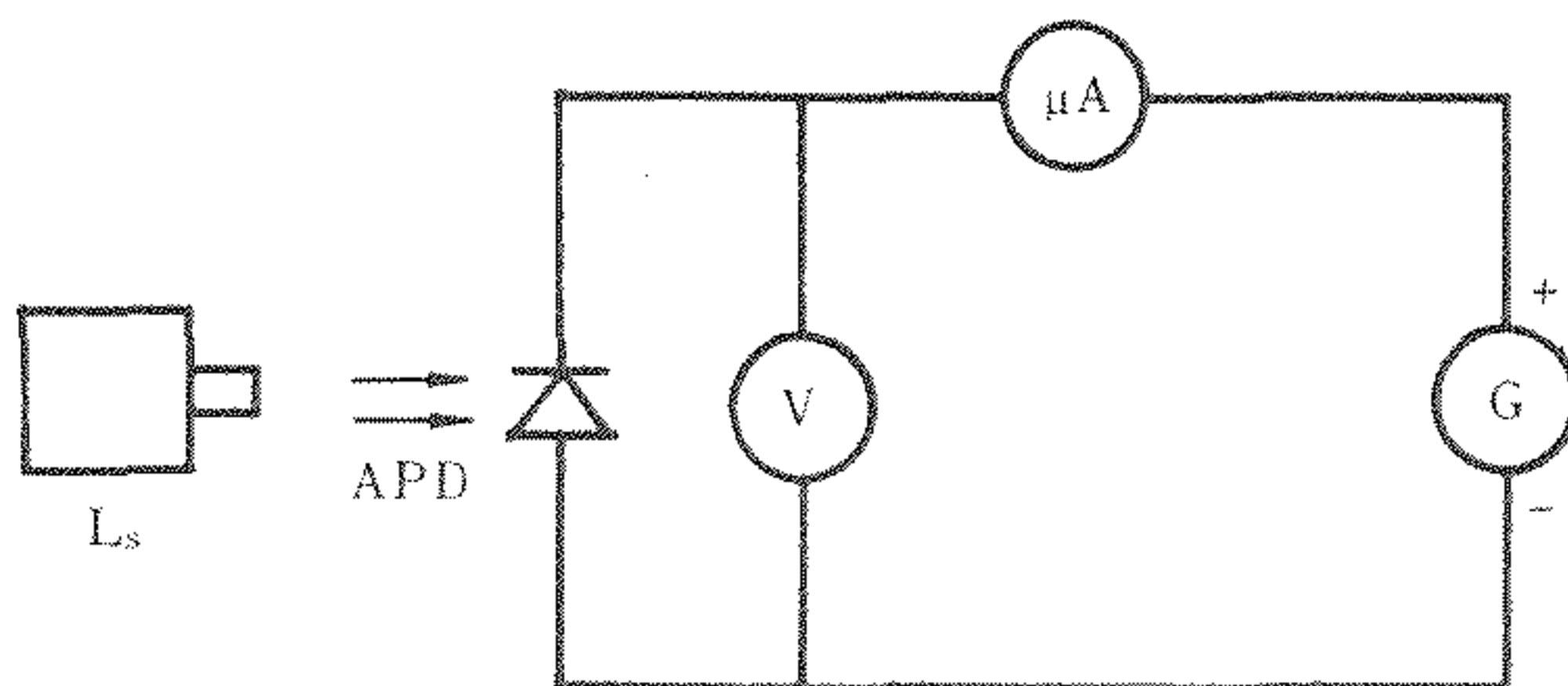
采用下列 3 个不同的条件之一:

条件 1: 被测器件光轴对准光具座的光轴。

条件 2: 按被测器件封装类型所规定的基准进行定位, 并使机械方位能重复。

条件 3: 对于带尾纤被测器件应用聚焦方法对准被测器件光敏面接收入射光。

### 5.2.3 检测原理图



APD—被测雪崩光电二极管; G—直流电源; V—直流电压表;  
 $\mu A$ —直流微安表;  $L_s$ —特定波长的光源

图 6 响应度检测原理图

### 5.2.4 检测装置的说明和要求

用一测试插座将被测器件安装在校准过的光具座上(检测条件 1、2、3)或安装在校准过的检测装置上(检测条件 3)。

光源应为单色光源, 包括: 如图 5 所示的装置上, 或者附一个具有规定的或已知峰值波长和光谱辐射带宽的相干滤光器或其他系统(单色仪等), 或具有已知峰值发射波长和光谱辐射带宽并经过校准的发光器件如发光二极管。

### 5.2.5 注意事项

- a) 应保证光学面的清洁度;
- b) 光源应该稳定;
- c) 带尾纤的被测器件应注意照射到被测器件的光敏面上。

### 5.2.6 测试步骤

按图 6、图 7 所示:

- a) 将温度调到规定值;



- b) 管座放在离光源一定距离的地方,该处的照度(或入射功率)应有规定;
  - c) 被测器件插入管座并加规定的偏置电压。
- 对检测条件 1、2 或 3,可直接在电流表上读出光照下的电流值  $I_P$ 。

$$R = \frac{I_{P0}}{\Phi_e} (\mu A / \mu W) \dots\dots\dots (9)$$

式中:  $\Phi_e$ —入射到 APD 光敏面上的光功率。

5.2.7 规定条件

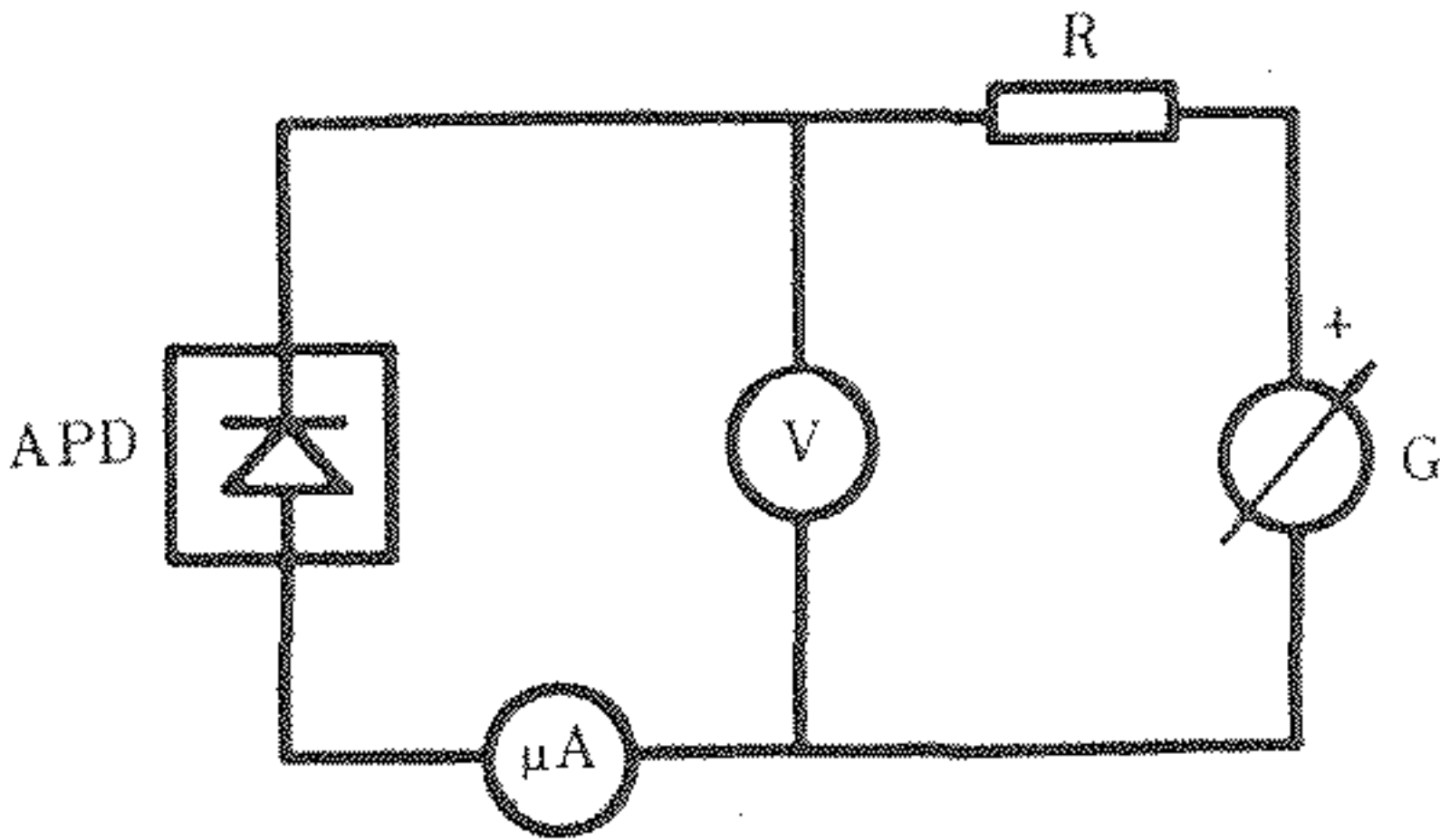
- a) 环境或管壳温度;
- b) 被测器件的偏置电压(直流或脉冲);
- c) 检测条件;
- d) 入射光功率;
- e) 光源的峰值波长。

5.3 暗电流和反向击穿电压的检测

5.3.1 目的

在规定条件下测量雪崩光电二极管的反向击穿电压和暗电流

5.3.2 检测原理图



R—限流电阻;APD—被测雪崩光电二极管;G—直流电源;  
V—直流电压表;A—直流电流表

图 7 暗电流和击穿电压检测原理图

5.3.3 注意事项

- a) 雪光电二极管的暗电流和反向反击穿电压受温度影响很大,因此应严格控制环境温度;
- b) 在光谱响应范围内被测器件不应受辐射;

5.3.4 检测步骤

按图 7 所示:

- a) 将温度调到规定值;
- b) 电压从零开始逐渐增加到电流的规定值,此时,电压表上的读数即为反向击穿电压  $V_{BR}$ ;
- c) 调反向偏压到规定值(如  $0.9V_{BR}$ ),此时电流表上读数即为暗电流  $I_{R(D)}$ 。

5.3.5 规定条件

- a) 环境或管壳温度;
- b) 偏置电压;
- c) 击穿电压下的反向电流值。

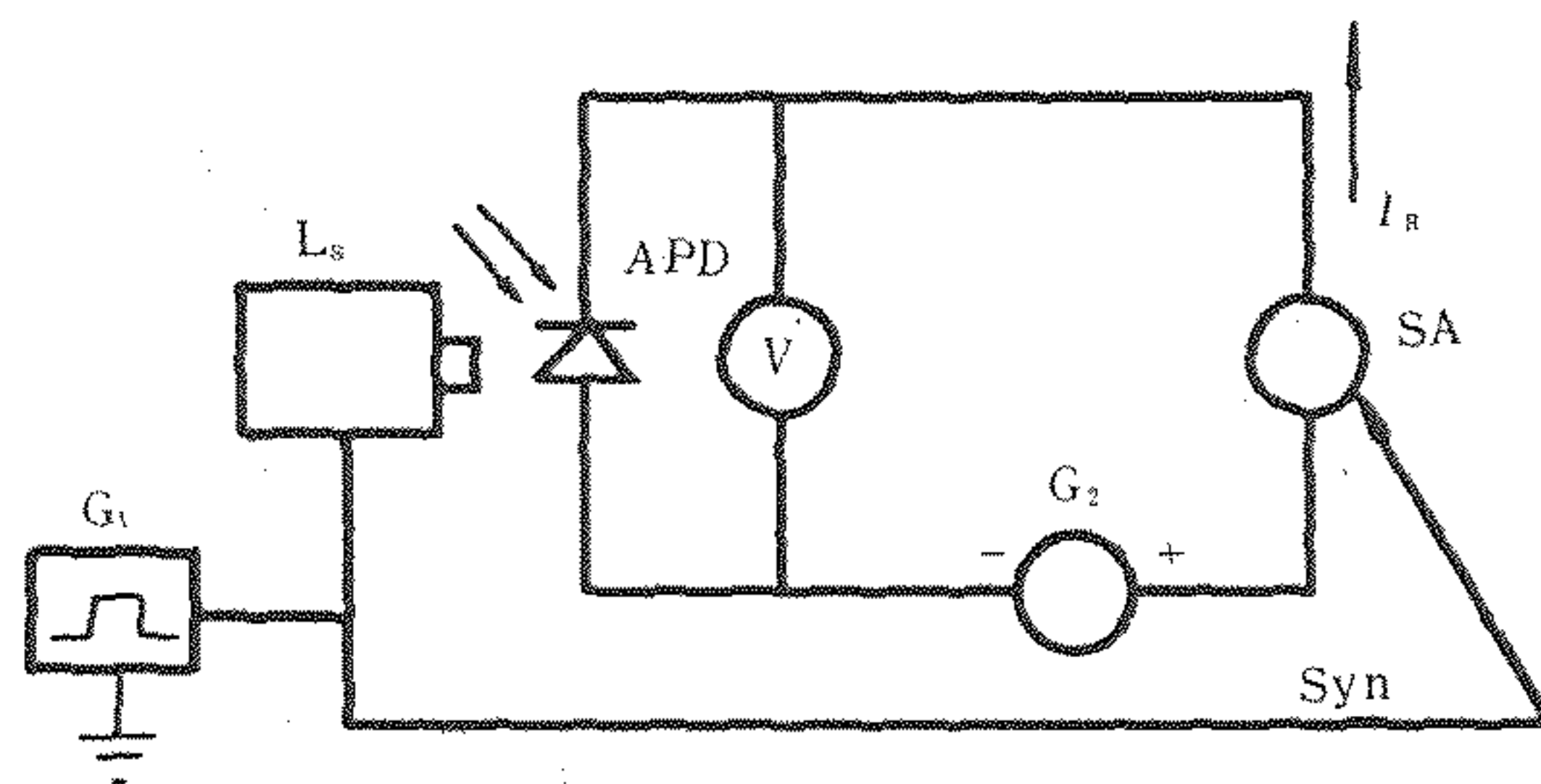
5.4 倍增因子的检测

5.4.1 目的

测量雪崩光电二极管的倍增因子  $M$ 。



### 5.4.2 检测原理图



LS—光源;APD—被测雪崩光电二极管; $G_1$ —调制信号发生器;  
 $G_2$ —直流电压源;SA—同步电流表;Syn—同步信号源

图 8 倍增因子检测原理图

### 5.4.3 注意事项

应考虑被测雪崩光电二极管的光敏面。

### 5.4.4 检测步骤

按图 8 所示:

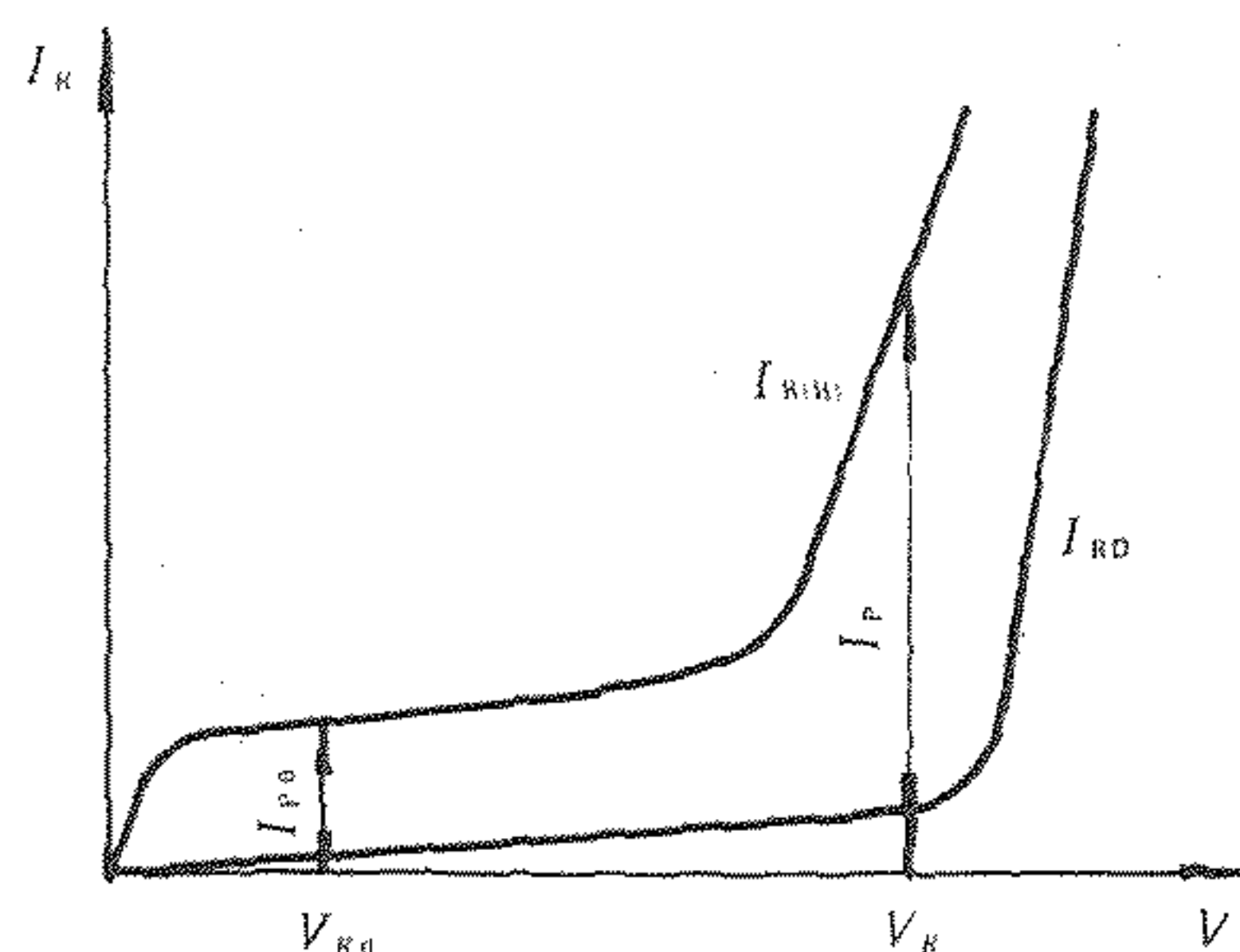
a) 通过直流电压源  $G_2$  给被测器件加上规定的低反向电压  $V_{R0}$ ;

b) 调节入射光功率到规定值;

c) 在同步电流表上测出电流  $I_{P0}$ ;

d) 改变被测器件上的直流反向电压到规定值  $V_{R1}$ ,在同步电流表上测量出电流  $I_{P0}$ ,用式(10)计算倍增因子  $M$ (见图 10)。

$$M = \frac{I_P}{I_{P0}} \dots\dots\dots (10)$$



$I_{R(D)}$ —暗电流; $I_{R(H)}$ —光照下的反向电流

图 9 倍增因子

### 5.4.5 规定条件

- a) 环境或管壳温度;
- b) 反向偏压  $V_{R1}$ 、 $V_0$ ;
- c) 光源的峰值发射波长  $\lambda_P$ ;
- d) 光学窗口;
- e) 光路图;



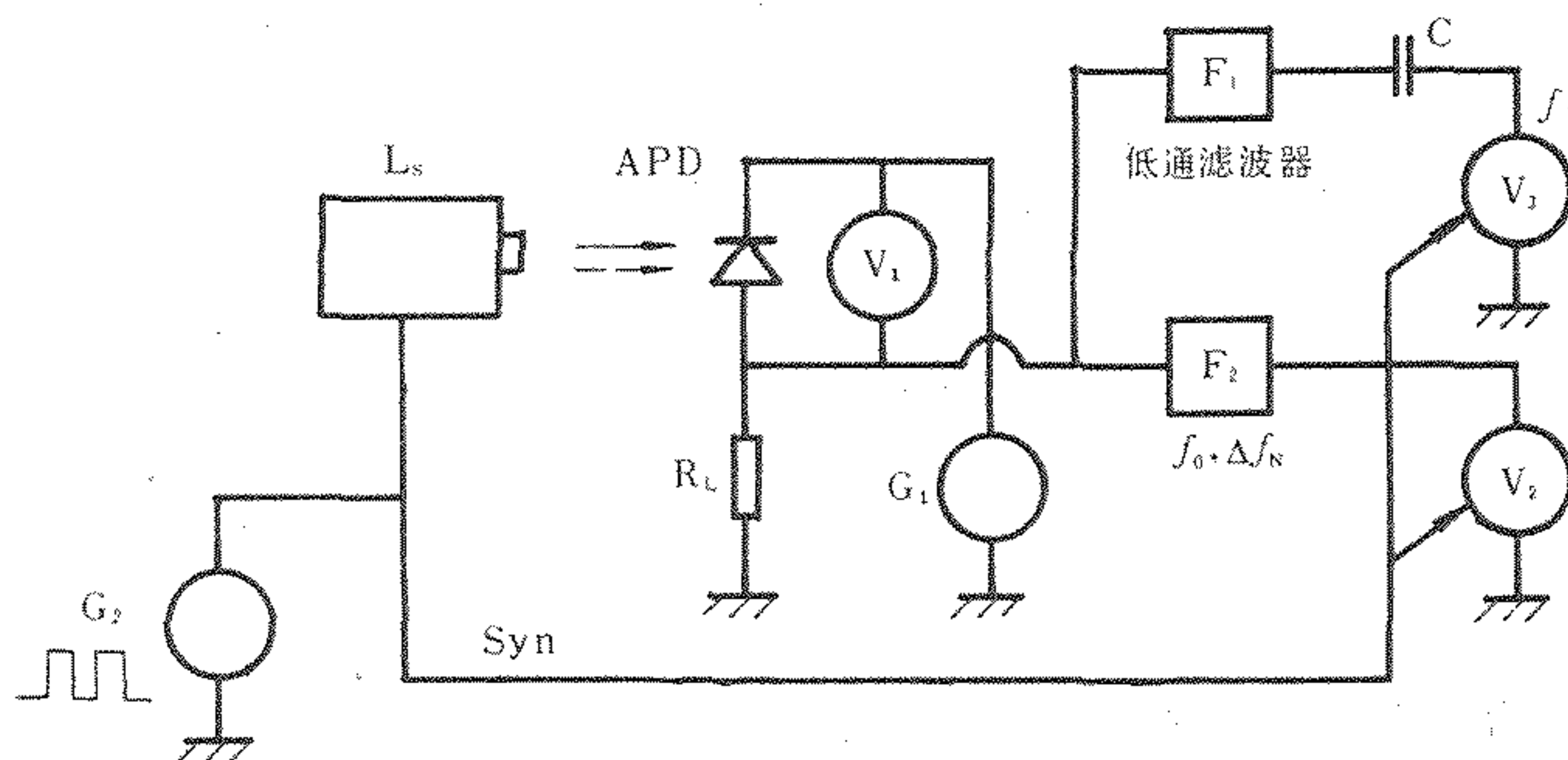
f) 初始光电流  $I_{P0}$ 。

## 5.5 过剩噪声因子的检测

### 5.5.1 目的

测量雪崩光电二极管的过剩噪声因子  $F$ 。

### 5.5.2 检测原理图



$L_s$ —光源; APD—被测雪崩光电二极管;  $R_L$ —负载电阻;  $G_1$ —直流电压源;  $G_2$ —频率为  $f_1$  的调制信号发生器;  $V_1$ —直流电压表;  $V_2$ —均方根电压表, 在频率  $f_1$  时带同步放大;  $V_3$ —交流电压表, 在频率为  $f_1$  时带同步放大;  $F_1$ —低通滤波器;  $F_2$ —带通滤波器, 具有规定的中心频率  $f_0$  和带宽  $\Delta f_N$ ;  $C$ —隔直电容; Syn—同步信号

图 10 过剩噪声因子检测原理图

### 5.5.3 注意事项

- 调制频率  $f_1$ , 应比  $f_0$  低得多, 同时  $f_1, f_0$  应比被测器件的截止频  $f_c$  低得多, 以免由于被测器件频率响应而引起测量误差;
- 滤波器  $F_2$  应滤掉调制频率  $f_1$ ;
- 滤波器  $F_1$  应能通过调制频率  $f_1$ , 但要滤掉大于  $f_0 - \Delta f_N/2$  的频率;
- 电容  $C$  的值应足够大, 以便  $f_1$  能顺利通过;
- 入射光应照射在被测器件的光敏面上, 且应使全部光敏面都受到照射;
- 此法测量的是  $V_{R1}$  和  $I_P$  的确定, 对于那些达到完全耗尽及规定的速度和响应度时, 已经产生增益 (即  $M \neq 1$ ) 的器件, 这种方法将不很正确。

### 5.5.4 检测步骤

按图 10 所示。

- 给被测器件加上低反向偏压,  $V_R$  由电压表  $V_1$  监测,  $V_{R0}$  应很低, 以致几乎没有载流子倍增 (即倍增因子  $M=1$ ), 但  $V_{R0}$  又要足够大使被测器件能处于全耗尽并达到额定的速度和响应度。
- 调节入射光功率得到规定的光电流  $I_{P0}$ , 由电压表  $V_3$  监测在调制频率  $f_1$  时的信号电压  $V_{30}$ 。

$$I_{P0} = \frac{V_{30}}{R_L} \cdot \frac{1}{K} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:  $K$ ——调制信号的占空比 (如方波的占空比为 50%,  $K=1/2$ )

- 增加偏置电压  $V_R$ , 直到在电压表  $V_3$  上读出电压  $V_{31}$  的值为  $M \times V_{30}$ , 直到被测雪崩光电二极管达到规定的  $M$  值:

$$M = \frac{V_{31}}{V_{30}} \quad \dots\dots\dots (12)$$



d) 在电压表  $V_2$  上读出  $V_{21}$ , 由式(13)计算出过剩噪声因子  $F$ :

$$F = \frac{V_{21}^2}{2qI_{P0}M^2R_L^2\Delta f_N} \dots\dots\dots (13)$$

式中:  $q$ ——电子电荷。

#### 5.5.5 规定条件

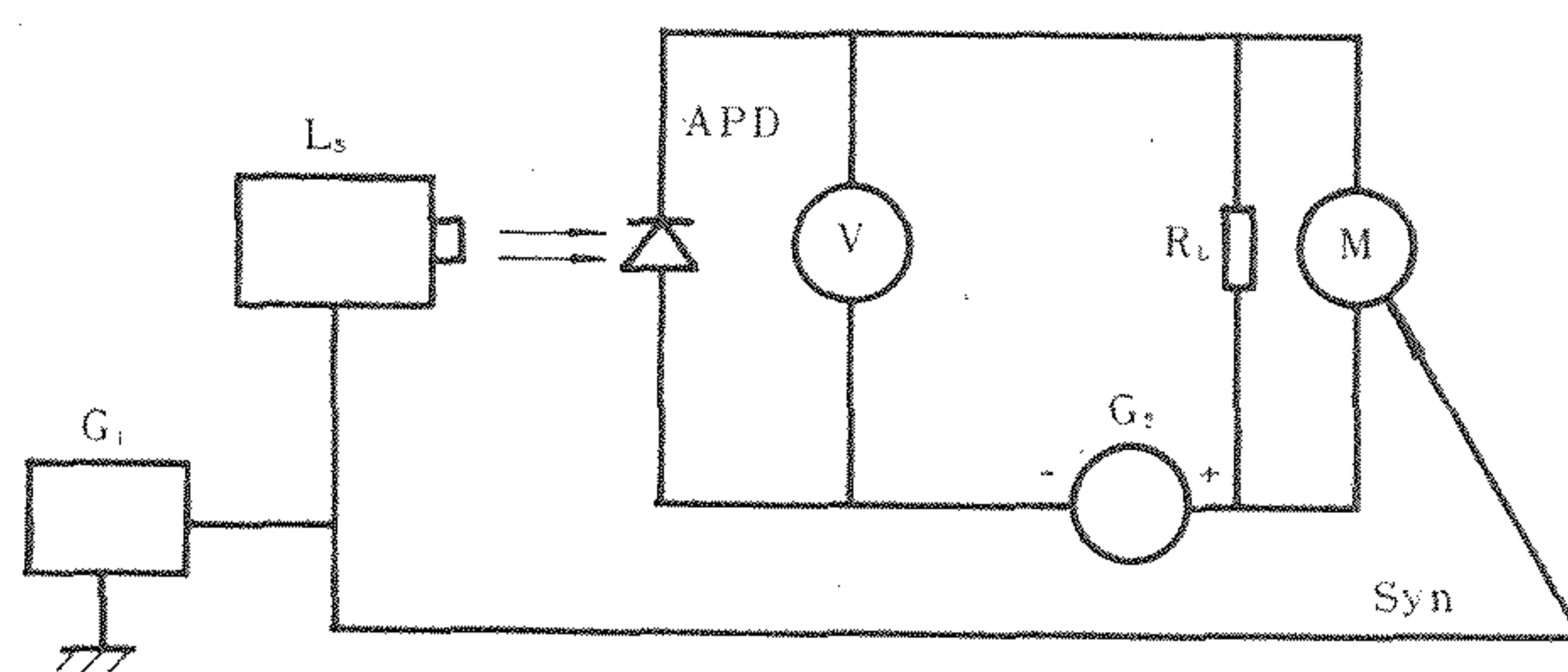
- 环境或管壳温度;
- 倍增因子  $M$ ;
- 初始光电流  $I_{P0}$ ;
- $M=1$  时的  $V_{R0}$ ;
- 滤波器  $F_2$  的中心频率  $f_0$  及带宽  $\Delta f_N$ ;
- 入射光的峰值波长( $\lambda_p$ )。

### 5.6 响应时间的检测

#### 5.6.1 目的

测量雪崩光电二极管对光脉冲的响应时间。

#### 5.6.2 检测原理图



$G_1$ —调制信号;  $G_2$ —直流电源;  $L_s$ —光源; APD—被测雪崩光电二极管;  $R_L$ —负载电阻;  
M—测量仪器; Syn—同步信号; V—直流电压表

图 11 响应速度检测原理图

#### 5.6.3 注意事项

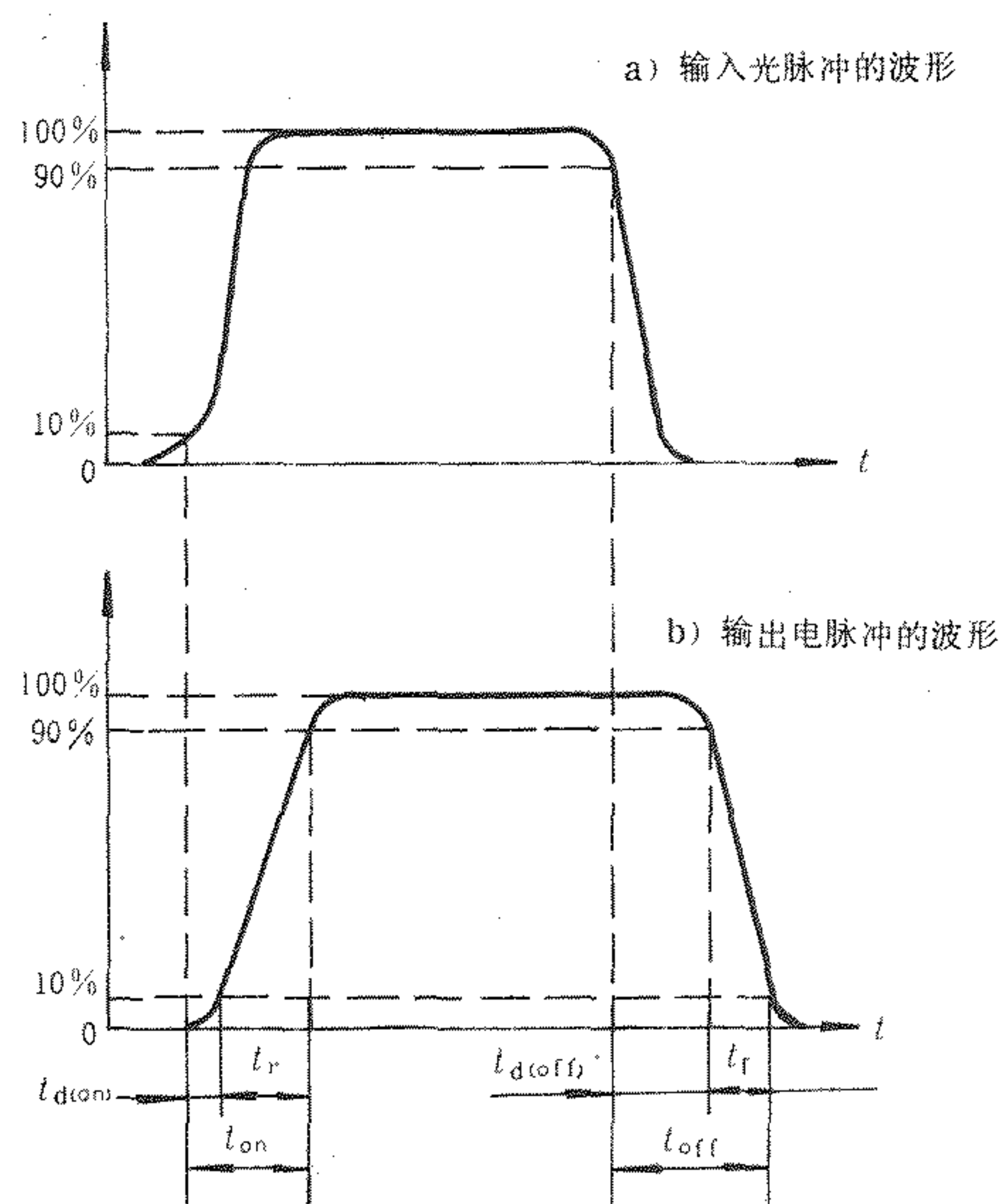
- 入射光脉冲的上升、下降时间应很短, 否则会影响测试精度。
- 应测量进入被测器件光敏面的全部入射光。
- $G_1$  为准矩形波脉冲信号发生器, 脉冲的上升时间和下降时间应远小于被测器件的响应时间, 脉冲的持续时间远大于被测器件的响应时间。
- M 的系统延迟时间应远小于被测器件的响应时间。

#### 5.6.4 检测步骤

按图 11 所示:

- 由电压源  $G_2$  给被测器件加上规定的偏压。
- 调节入射光功率使入射光脉冲的峰值功率  $\Phi_{e1}$  和预偏置的辐射光功率  $\Phi_{e2}$  达到规定值。
- 用测量仪器 M 观测被测器件对光脉冲的响应时间。如图 12 所示:





$t_r$ —上升时间;  $t_f$ —下降时间;  $\Phi_{e1}$ —入射光脉冲峰值功率;  $\Phi_{e2}$ —预偏置辐射光功率;  
 $t_{d(on)}$ —开通延迟时间;  $t_{on}$ —开通时间;  $t_{d(off)}$ —关断延迟时间;  $t_{off}$ —关断时间

图 12 响应时间

### 5.6.5 规定条件

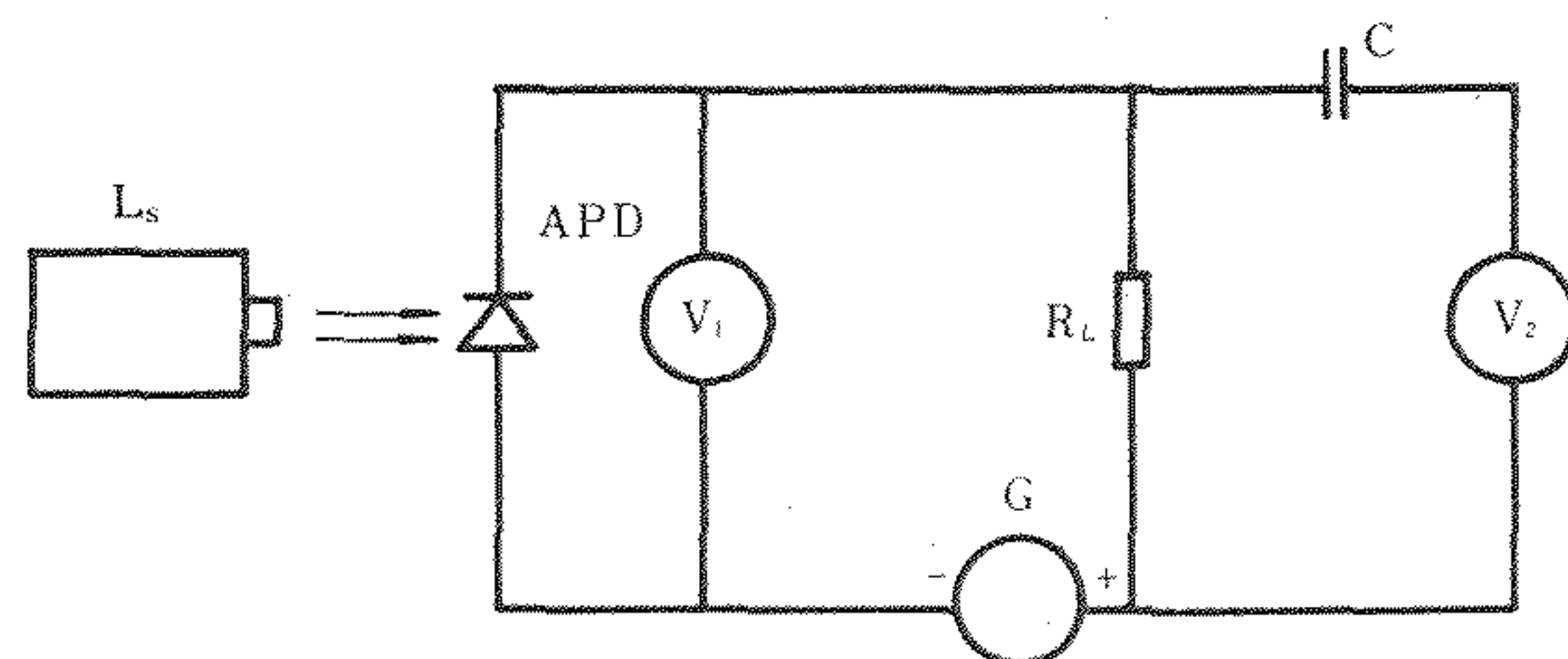
- 环境和管壳温度;
- 反向偏压  $V_R$ ;
- 入射光脉冲峰值功率  $\Phi_{e1}$  及预偏置辐射光功率  $\Phi_{e2}$ ;
- 光源的峰值发射波长  $\lambda_p$ ;
- 负载电阻  $R_L$  (一般取  $50 \Omega$ )。

### 5.7 小信号截止频率的检测

#### 5.7.1 目的

测量雪崩光电二极管的小信号截止频率  $f_c$ 。

#### 5.7.2 检测原理图



APD—被测雪崩光电二极管;  $G$ —直流电压源;  $V_1$ —直流电压表;  $V_2$ —宽带电压表;  
 $R_L$ —负载电阻;  $C$ —耦合电容;  $L_s$ —窄带光源, 它能发射出用一个频率可调的小信号  
 正弦波进行幅度调制的光平均光强及调制幅度均不变的光

图 13 截止频率检测原理图

#### 5.7.3 注意事项

##### a) 对光源的要求:

- 当光源调制频率改变时光信号的直流光强, 调制度均应严格保持不变。



2) 光源调制频率上限应大于被测器件的截止频率。

b) 测试系统的分布参量要小,阻抗匹配要好。

#### 5.7.4 检测步骤

按图 13 所示。

a) 给被测器件加上规定的直流偏压,由电压表  $V_1$  监测。

b) 调节光源使被测器件在光敏面上获得规定的平均光功率  $\Phi_0$ ,用低频调制(小于  $f_c \times 100$ )光源,在电压表  $V_2$  上测量出交流输出信号。

c) 在保持光功率  $\Phi_0$  和调制度不变的情况下,提高调制频率,直到在  $V_2$  上测量的输出信号下降到低频时  $1/\sqrt{2}$  倍,记下对应的调制频率即为小信号截止频率  $f_c$ 。

#### 5.7.5 规定条件

a) 环境和管壳温度;

b) 被测器件的反向偏压  $V_R$ ;

c) 负载电阻  $R_L$ ;

d) 光源的峰值发射波长  $\lambda_p$  及入射光功率  $\Phi_0$ ;

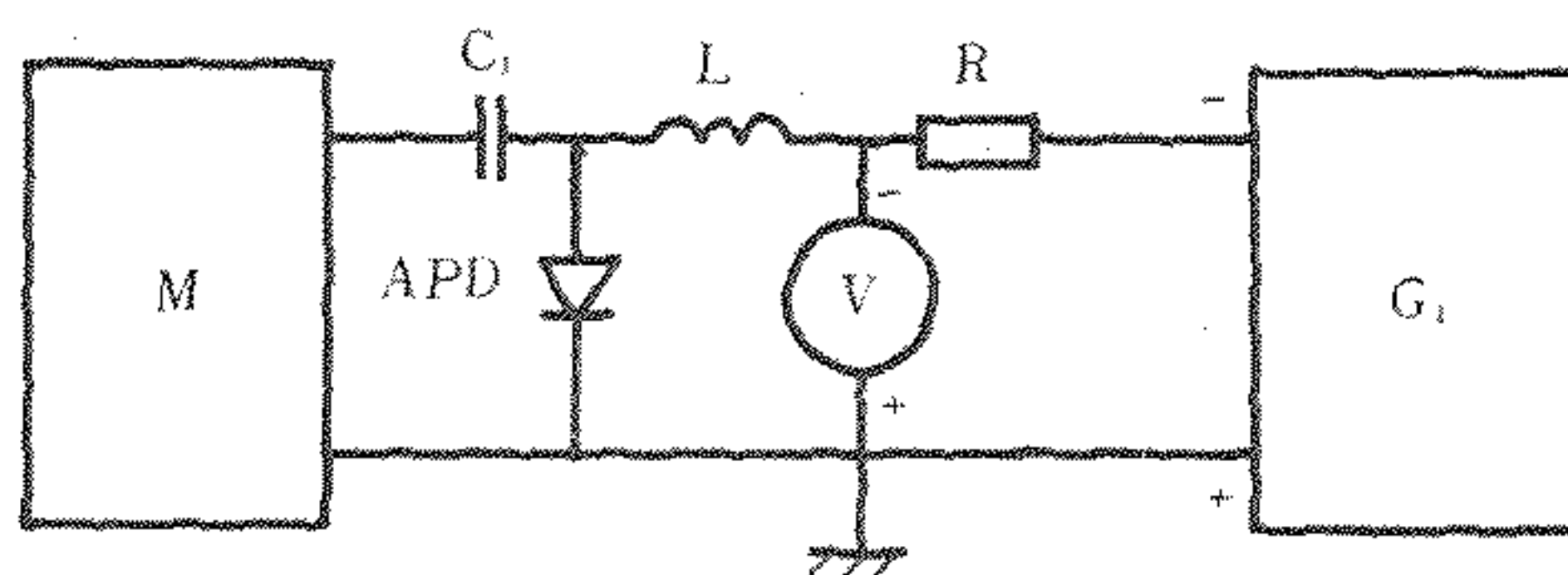
e) 被测器件的倍增因子  $M$ 。

### 5.8 器件总电容检测

#### 5.8.1 目的

在规定条件下测量雪崩光电二极管的极间电容  $C_{tot}$

#### 5.8.2 检测原理图



APD—被测雪崩光电二极管;M—电容测量仪; $G_1$ —直流稳压电源; $C_1$ —隔直电容; $R$ —防止高频信号被电源内阻旁路的电阻; $L$ —防止高频信号被电源内阻旁路的电感; $V$ —直流电压表

图 14 电容检测原理图

#### 5.8.3 注意事项

a) 整个电路引线要短,屏蔽良好;

b)  $C_1$  是高频高压电容,其电容值应比被测器件的电容大。

#### 5.8.4 检测步骤

a) 按图 15 的要求将被测器件接入电路,并加上规定的反向偏压;

b) 仔细调整电容测量仪  $M$ ,使电桥达到平衡,读出电容值  $C_2$ ;

c) 取下被测器件,保持电路原来的状态,仔细调整  $M$ ,使电桥再次达到平衡,读出电路剩余电容  $C_0$ ,当  $C_1 \gg C_0$  时,按式(14)计算:

$$C_{tot} = C_2 - C_0 \quad \dots\dots\dots (14)$$

#### 5.8.5 规定条件

a) 环境或管壳温度;

b) 反向偏压  $V_R$ ;



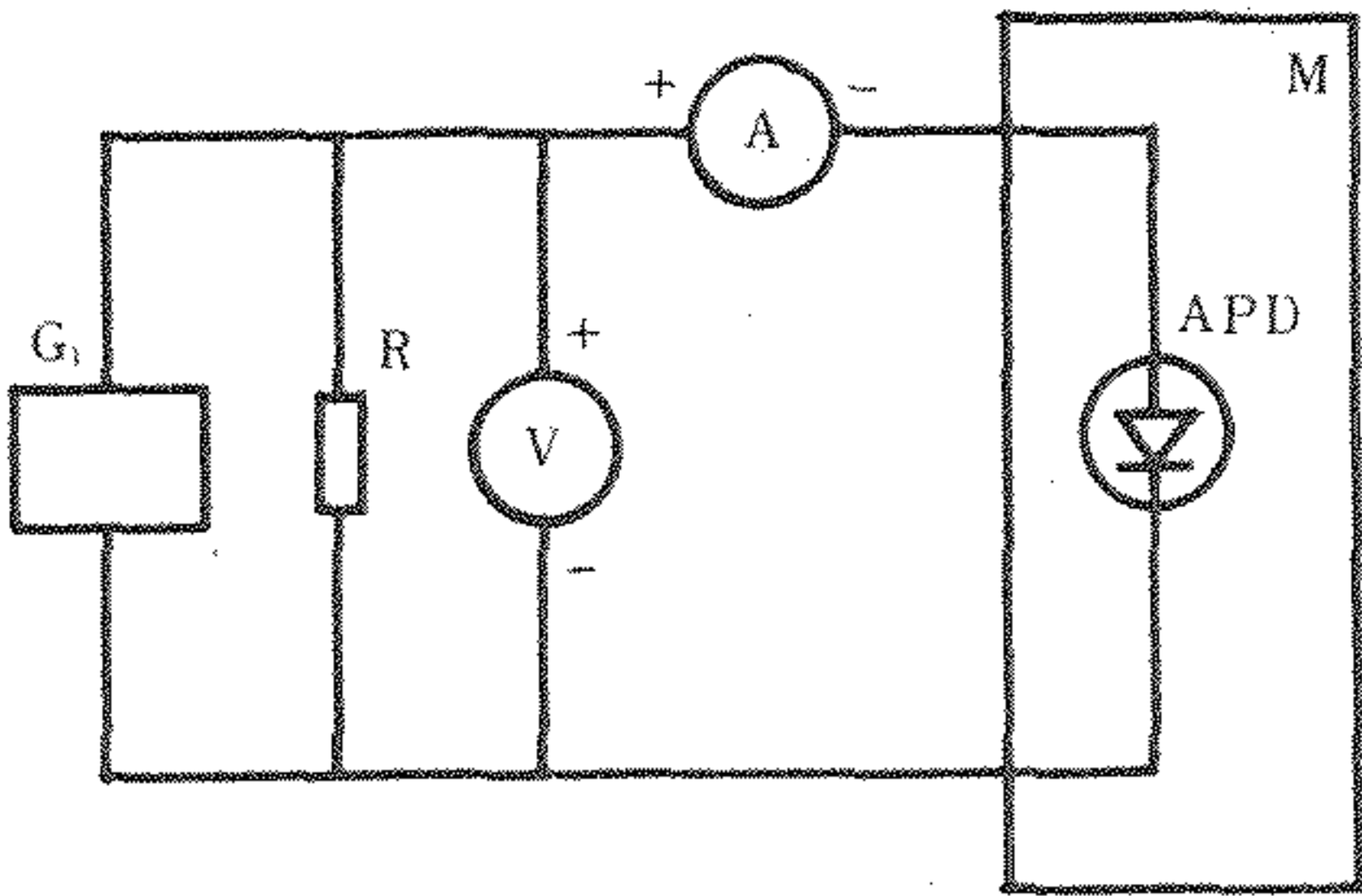
- c) 隔直电容  $C_1$  的标称值和精度;
- d)  $R$ 、 $L$  的值;
- e)  $M$  的精度及频率范围。

5.9 击穿电压的温度系数检测

5.9.1 目的

检测雪崩光电二极管的击穿电压的温度特性。

5.9.2 检测原理图



APD—被测雪崩光电二极管; $G_1$ —可调电流源; $R$ —电压表的过压保护电阻;  
 $M$ —可调恒温箱; $A$ —直流电流表; $V$ —直流电压表

图 15 击穿电压的温度系数的检测原理图

5.9.3 检测步骤

- a) 按图 16 接好电路,被测器件放在可调恒温箱内,其余部分在箱外。
  - b) 调整恒流电源,使电流表读数到击穿电压检测条件的规定值。
  - c) 在温度为  $T_1$  条件下,恒温到规定的时间,记下电压表读数  $V_{BR1}$ 。
  - d) 在温度为  $T_2$  条件下,恒温到规定的时间,记下电压表读数  $V_{BR2}$ 。
- 按式(15)计算击穿电压的温度系数:

$$\beta = \frac{V_{BR2} - V_{BR1}}{(T_2 - T_1)V_{BR1}} \dots\dots\dots (15)$$

5.9.4 规定条件

- a) 击穿电压对应的反向电流值;
- b) 温度范围  $T_1$ 、 $T_2$  值;
- c) 恒温时间。