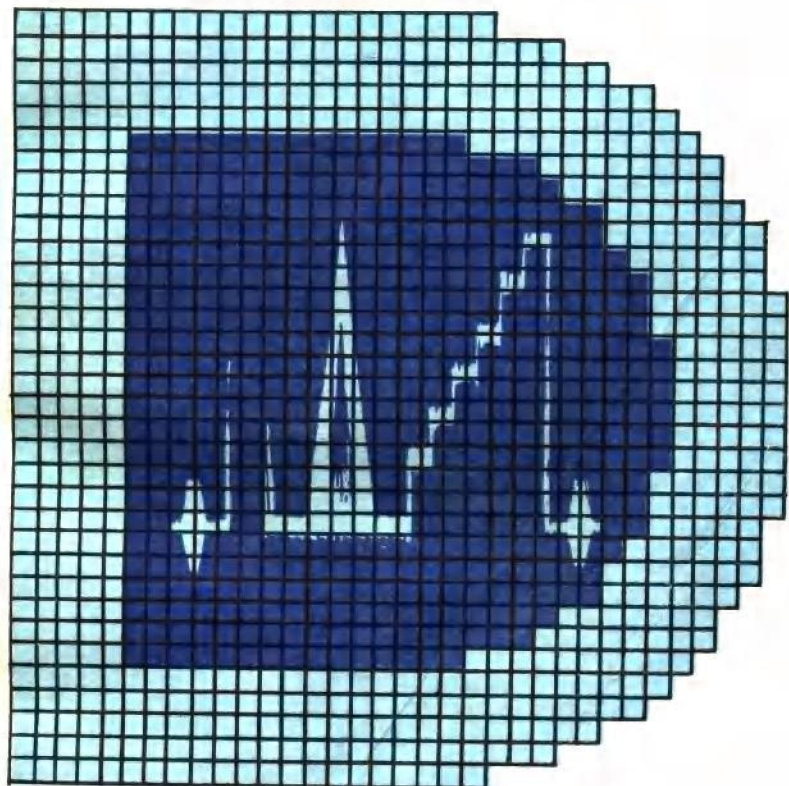


电子器件 实验手册



3-62

人民邮电出版社

ELECTRON DEVICES LABORATORY MANUAL

DELBERT G. CRYSTAL

E. CHARLES ALVAREZ

内 容 提 要

本手册提供了三十四个电子器件实验的详细资料。每一实验均包括目的、原理、器材、步骤、记录表和习题，原理阐述简明扼要，步骤具体明确，习题富于启发性。大专院校、中等专业学校有关专业和有条件的业余无线电活动小组可根据本书开出实验。本书也可作为业余无线电爱好者学习电子器件的参考书。

电 子 器 件 实 验 手 册

[美] D. G. 克瑞斯特勒 著

E. C. 爱勒瓦瑞兹

李芳庄 译

责任编辑：高坦弟

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1983年2月第一版

印张：9 20/32 页数：154 1983年2月北京第一次印刷

字数：220千字 印数：1—21,200册

统一书号：15045·总2645-无6211

定价：1.20元

序 言

这本电子器件实验手册，介绍了一系列为使学习电子学的学生熟悉电子器件而设计的实验项目。通过每一实验的各个程序，学生就逐渐熟悉了晶体管、真空和充气二极管、单结晶体管、场效应管、集成电路以及其它真空和充气管的电特性。本手册还提供了特殊器件的实验项目，诸如可控硅（SCR）、阴极射线管（CRT）、光电器件、二端交流开关、三端双向可控硅开关以及多栅真空管。所有这些实验项目，都把重点放在器件上，而不是电路上；虽然有一些电路的讨论，也是为了加深对器件的理解。

采用本手册的读者，应当具备直流电和交流电的基本知识。设想这些读者已经掌握了欧姆定律、克希科夫定律、串并联电路，并且对功率和能量有基本了解。学生还要能测量电压和电流，会使用示波器。

在前面一些实验中，用了初等代数来讨论工作原理。读者最好也要有一些三角和对数的知识，在后面一些实验中会用到，虽然并不是必需的。

每一个实验都有其准备的数据记录表。在记录表上的序号和空白，都与该实验的步骤序号协调一致。学生应把所有的读数填写在记录表内，在实验后交给教师。教师有时也可以更换实验中所选用元件的数值。即使在这种情况下记录表仍然适用，因为表中没有规定元件的数值。记录表可以作为鉴定学生成绩的唯一依据，或者连同实验报告一起评定学生的成绩。

在记录表之外，可以要求学生写出实验报告，在报告中针对实验目的和条件提出具体的结论。实验报告应该遵循标准格式：(1) 目的；(2) 测试数据；(3) 计算；(4) 曲线或波形；(5) 结论。每一份报告可以单独地评定，也可以用一本记录簿把这些报告汇总在一起。

实验通常分组进行。每组由两、三位或更多的学生按照实验步骤共同进行。评定每一位学生的成绩时，还可以让他们回答每个实验后面所附的一些习题。

每一个实验项目完全是独立的，有足够的自成单元的原理叙述部分。因而做这些实验时，不需要按照特定的次序。

(下略)

戴勒倍特 G. 克瑞斯特勒

E. 查理斯 爱勒瓦瑞兹

设备和材料单

下面这份设备和材料清单,是为 24 名学生分成 12 个实验小组作实验用的。列出的是最低限度的设备和材料。

设备

电子管电压表(VTVM)	12 块
微安表(量程为 10~1,000 微安)	24 块
毫安表(量程为 1~500 毫安)	24 块
低压直流电源(可调的)	12 个
示波器(最好是时基型的)	12 台
电烙铁	12 把
电阻箱	48 个
6.3 伏交流电源	12 个
自耦变压器(120 伏, 60 赫)	12 台
伏欧毫安表(VOM)	24 块
脉冲或方波发生器	12 台
高压直流电源(可调的)	12 个
声频信号发生器(输出频率和振幅可调)	12 台

材料

二极管(锗管)	36 只
绘图方格纸	
整流二极管(1N 253)	24 只
齐纳二极管	24 只
功率变压器(次级为 5 伏)	12 台

功率二极管(12 只为直热式, 12 只为旁热式)	24 只
真空二极管	12 只
10 瓦电阻器(5 千欧、10 千欧、20 千欧各 12 个)	36 个
信号二极管(6 AL 5, 6 AT 6, 或同类型的管子)	12 只
电池(1 ½ 伏)	24 节
NPN 型晶体管(建议用 2 N 388)	24 只
PNP 型晶体管(建议用 2 N 404)	24 只
150 千欧电位器	12 个
20 微法电解电容器	24 个
470 千欧电阻器	12 个
三极管(建议用 12 AU 7 和 12 AX 7 各 12 只)	24 只
双三极管 6 SN 7	12 只
N 沟道结型场效应管(建议用 Motorola HEP 810)	12 只
金属氧化物半导体场效应管(增强型)	12 只
单结晶体管(GE 型 2 N 1671 A 或同类型的管子)	12 只
隧道二极管(建议用 1 N 2939)	12 只
RCA 3000 集成电路(或同类集成电路)	12 块
Signetics LU 333 A 集成电路(或同类集成电路)	12 块
充气管(OA 3、OB 3、OC 3、OD 3 各 12 只)	48 只
10 千欧 10 瓦电阻器	24 个
15 千欧 10 瓦电阻器	12 个
闸流管	12 只
100 瓦灯泡和插座	12 个
太阳电池(建议用 IRS 3 M)	12 个
硫化镉电池(建议用 RCA 7163)	12 节
1 亨电感器(1~8 亨均可)	12 个
五极管	12 只

目 录

序言

设备和材料单.....	1
实验一 固体二极管特性.....	1
实验二 半导体二极管测试方法.....	7
实验三 齐纳二极管(稳压二极管)特性.....	13
实验四 半导体二极管的应用.....	19
实验五 热电子发射特性.....	24
实验六 真空二极管特性.....	29
实验七 二极管静态特性.....	36
实验八 二极管的应用	43
实验九 熟悉晶体管.....	52
实验十 共基极电路的制造厂家额定值.....	61
实验十一 参数的图解法(第一部分).....	69
实验十二 参数的图解法(第二部分).....	79
实验十三 晶体管的工作区.....	85
实验十四 晶体管的Q点.....	92
实验十五 共发射极放大器.....	100
实验十六 输入电阻.....	108
实验十七 共基极放大器.....	114
实验十八 共集电极放大器.....	122
实验十九 三极管静态特性曲线.....	129
实验二十 三极管的参数.....	136

实验二十一	负载线·····	145
实验二十二	自给偏压·····	152
实验二十三	电路接法与电压增益·····	160
实验二十四	结型场效应管简介·····	168
实验二十五	结型场效应管放大器·····	175
实验二十六	金属氧化物半导体场效应管·····	182
实验二十七	单结晶体管直流特性·····	190
实验二十八	单结晶体管电路·····	198
实验二十九	隧道二极管·····	208
实验三十	可控硅简介·····	213
实验三十一	集成电路简介·····	220
实验三十二	β 稳定系数·····	227
实验三十三	充气二极管特性·····	234
实验三十四	闸流管特性·····	239
实验三十五	屏栅闸流管特性·····	246
实验三十六	阴极射线管·····	252
实验三十七	双向可控硅和二端交流开关电路·····	258
实验三十八	光电器件·····	265
实验三十九	利萨如图形·····	271
附录		
附实验 A	四端网络·····	278
附实验 B	四极管·····	283
附实验 C	五极管特性与参数·····	287
附实验 D	稳定系数·····	294

实 验 一

固体二极管特性

一、目 的

1. 观察半导体二极管正向偏置和反向偏置时的作用。
2. 分析半导体二极管在室温下和温度升高时的特性。

二、原 理

半导体二极管的几种表示方法如图 1-1 所示：图 1-1 (c) 表示一个小功率或信号二极管的实际外形，功率二极管通常制成不同的外形；图 1-1(b) 是代表二极管的符号，图 1-1(a) 是二极管的示意图，这种符号和示意图都是各种类型二极管所通用的。

所有结型半导体二极管的工作原理完全相似。P 区的正载流子（空穴）向结运动并与 N 区的负载流子复合。这种复合，当二极管正向偏置时，就形成电流在外电路中流通。

正向偏置如图 1-2 所示。把电源正极连接到二极管的 P 型

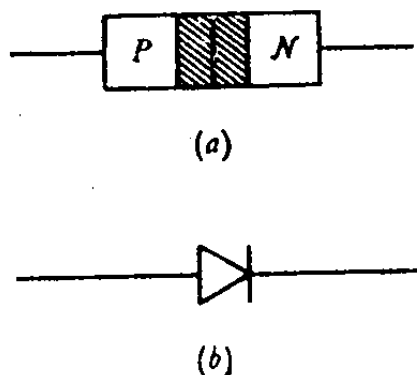


图 1-1

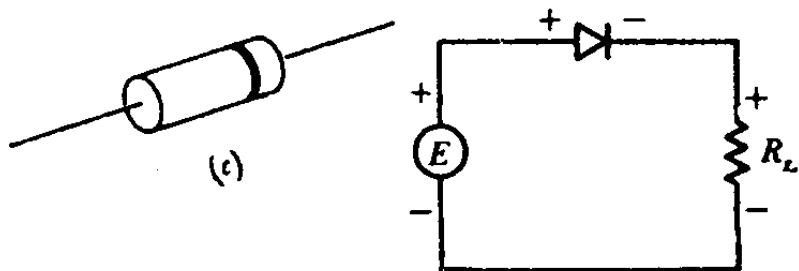


图 1-2

材料上，把负极连接到N型材料上，正向偏置就实现了。这时，二极管导通，电流通过外电路，并在 R_L 上产生电压降。当正向偏置电压增加时， R_L 上的电压降也随着增加。至于二极管，一旦导通后，两端间的电压变化并不明显。二极管的导通电压，锗管约为 0.2 伏，硅管约为 0.7 伏。施加电压的剩余部分全都加在电阻 R_L 上了。

当电源的极性如图 1-3 所示反过来时，二极管变成反向偏置，复合就不可能发生，而二极管起的作用象一个大电阻。这时，二极管被称为截止。仅有几微安的小量漏电流在电路中流通。施加的电压基本上是加在反向偏置的二极管上了。

图1-4 表示结型二极管的正向和反向特性曲线。请注意二

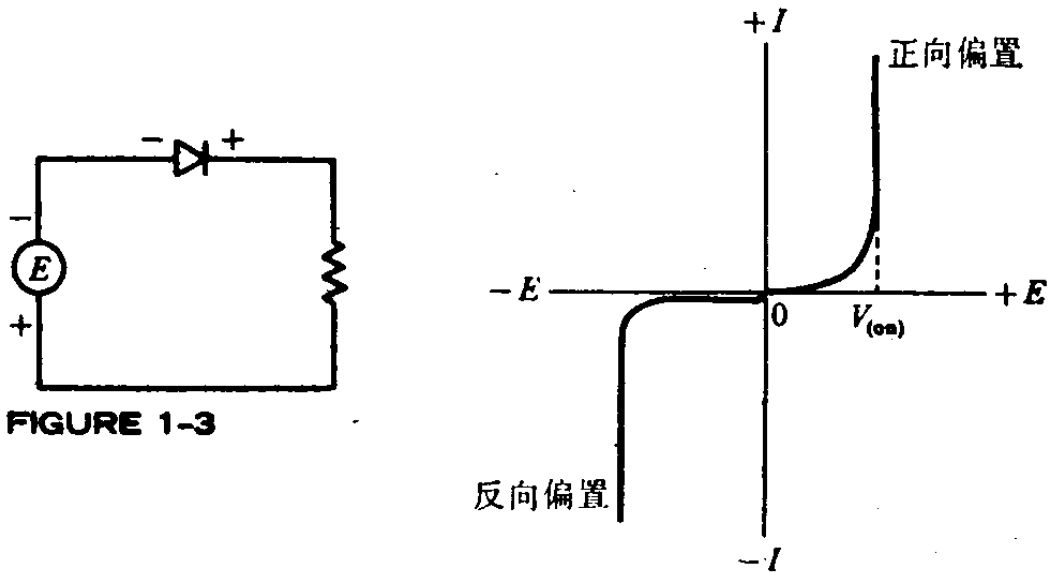


图 1-3

图 1-4

极管两端间的正向偏置电压 V_{on} ，倘若把二极管直接置于大于 V_{on} 的电压之下，就会引起剧烈的电流，烧毁该器件。因此，在二极管电路设计中必须要有串联电阻。

三、所需器材

固体二极管（建议用锗管）	1 只
--------------	-----

电子管电压表(VTVM)或同类仪表	1 块
微安表	1 块
毫安表	1 块
直流电源(可调的)	1 个
电烙铁	1 把
方格纸	
电阻箱	2 个

四、步 骤

1. 查阅制造厂的半导体手册。在记录表上画出本实验使用的二极管符号，标明正极和负极。在记录表上登记下列数据：

- a、半导体类型(锗管或硅管)
- b、正向峰值电流
- c、反向峰值电压

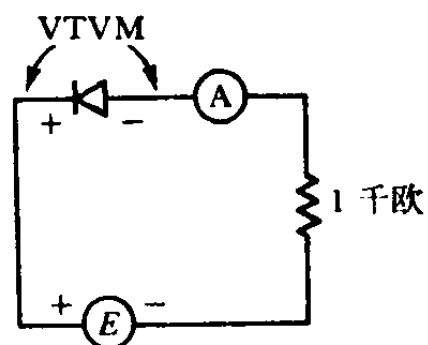


图 1-5

2. 连接图 1-5 的电路。把电源电压准确地调到 0 伏。增加电源电压(每次小量地增加)，并把电流记录在记录表的表 1-1 内。当心：不许超过在步骤 1 内列出的最高反向电压。

3. 恢复电源电压到 0。在二极管旁边放一把热烙铁，来提高二极管的温度；当心不要使热烙铁碰着二极管。重复步骤 2 的程序，并将电流记录在表 1-1 内。

4. 应用表 1-1 的数据，画出二极管在室温下和在温度升高时的反向特性曲线(从原点起向左方画)。利用二极管特性曲线，计算二极管在特定的反向电压(约为最高反向电压值的一半)下的直流电阻。再利用那条高温曲线计算二极管在温度

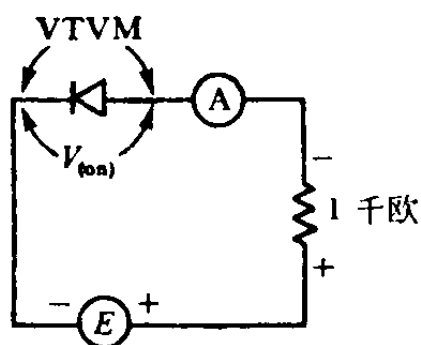


图 1-6

升高时的电阻。记下温度对于半导体二极管反向电阻的影响。

5. 连接图 1-6 的电路。请注意二极管现在是正向偏置（不要给二极管加热）。增加电压（每次小量地增加），并记录对应于每一电子管电压表读数（不是电源电压）

的电流。把数据记录在表 1-2 内。注意：不许超过在步骤 1 内列出的最大正向电流。恢复电源电压到 0，并在二极管旁边放上一把热烙铁。重复上述的程序。

6. 画出二极管的正向特性曲线（就画在步骤 4 那张图上）。利用二极管的正向特性曲线，计算曲线的线性区域内某点的直流电阻。可先利用在室温下那条曲线，并把计算结果记入记录表内；然后利用在高温下那条曲线，计算电压相同时的正向电阻。如果有的话，记下温度对于二极管正向直流电阻的影响。

五、记 录 表

1. 符号

a、_____ c、_____

b、_____

4. 在另外的方格纸上画出曲线图。

反向电阻 R_r (室温) = _____

反向电阻 R_r (高温) = _____

5. 正向电阻 R_f (室温) = _____

正向电阻 R_f (高温) = _____

6. 在另外的方格纸上画出曲线图。

表 1-1

[illegible]

表 1-2

[illegible]

六、习题 (其中 1~7 为是非题: 在横线上填“是”或“非”)

1. 在图 1-7 中, 二极管是正向偏置的。_____
2. 在图 1-7 中, 2 千欧电阻两端的电压是 4 伏。_____
3. 如果图 1-7 中 E 的极性反向时, 则 2 千欧电阻两端的电压大致等于 0。_____
4. 在图 1-7 中 E 的极性反向的情况下, 输出电压 E_0 等于_____

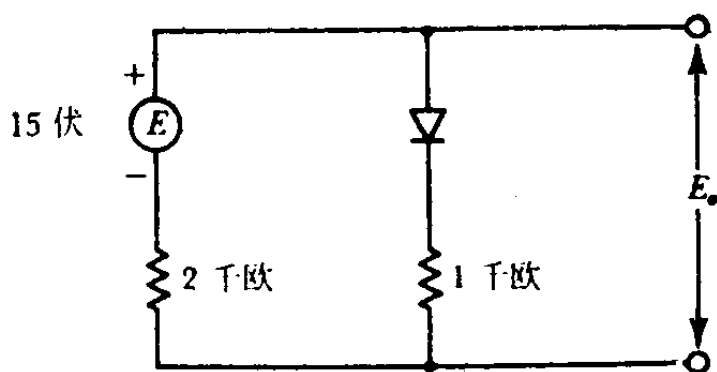


图 1-7

15 伏。

5. 反向偏置的二极管，比正向偏置的二极管呈现出更大的电阻。

6. 一个二极管如果反向偏置时，电阻就随着温度的升高而减少。

7. 在固体二极管中，电子沿着箭头的方向流动。

8. 在 E_o 约为 1 伏时，试问二极管的正向交流电阻是多少？（提示：利用你所画的曲线图）

9. 当温度升高时，试问漏电流是增加、减少，还是保持不变呢？

10. 增加二极管反向偏压时，反向电流是增加、减少，还是保持不变呢？

实 验 二

半导体二极管测试方法

一、目 的

1. 测试二极管是否能正常工作,检验器件的静态特性。
2. 拟出通过实验手段测试二极管的各种方法。

二、原 理

在锗、硅二极管和齐纳二极管接入电路之前,通常必须经过测试。如果怀疑二极管质量不良,就要进行测试;或者是把测试列为质量控制和可靠性控制的例行工作。本实验提供鉴定二极管特性的方法。

可以用几种方法来测试半导体二极管。最简单的方法是用欧姆表测量二极管的正向电阻和反向电阻。这样的测试,仅能指示出它有二极管的作用,也就是一个PN结所具有的作用。反向电阻与正向电阻相比是非常高的。这种方法难以测出只有当器件在工作的情況下才能出现的缺陷,有时简直就测不出。

一种比较精密的方法,是把二极管接到一台图示仪上(象Tektronix 575 或 576 型那样的图示仪),并加上一定的负载电阻模拟实际电路情况。

若没有图示仪时,一台普通的示波器配上附件之后也可用来观察二极管的特性曲线。

欧姆表测试

简单的欧姆表测试,可以粗略地指示出二极管短路或断路

的情况。实际上，这个测试是使二极管正向偏置或反向偏置并指示出结果。参看图 2-1：当把欧姆表跨接到二极管上时，注意若表的内电源正向偏置该二极管，就会指示出低电阻（这个电阻不是实际工作时的正向电阻）；如果

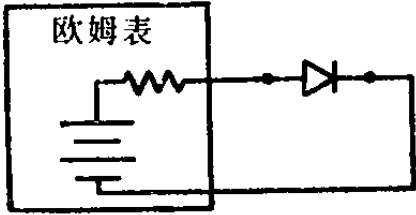


图 2-1

如果把欧姆表的两端倒换过来，该二极管就被反向偏置，欧姆表指示出一个高电阻。这种测试，应用于一般维修工作的场合还是挺合适的。

然而，这种测量不能提供精确的直流电阻值，也不能给出器件动态特性的任何指示。欧姆表测试只能够近似地给出二极管的品质因数 Φ 。品质因数定义为反向电阻比正向电阻：

$$\Phi = \frac{R_r}{R_f}$$

式中， R_r 为反向电阻， R_f 为正向电阻。

图示仪测试

二极管的动态特性能用图示仪很好地来测定，图示仪是专为再现固体器件的特性曲线而设计的（Tektronix 575 或 576 型）。通常，把二极管连接在图示仪的“集电极”与“发射极”端子之间，选择适当的正向或反向电压，这样，正向或反向特性曲线就都能够直接观察到了。为了正确地调整仪器，学生应查阅制造厂的使用说明书。

当不能利用图示仪时，可以采用另外的方法来进行动态测试。任何一台普通的示波器都可代用，只要配备外部接线接到示波器的水平输入和垂直输入即可。本实验将说明这种动态测试的代替方法。

三、所需器材

电子管电压表或同类仪表	1 块
二极管(其中齐纳管 1 只)	3 只
示波器	1 台
电阻箱	4 个
6.3 伏交流电源	1 个
自耦变压器	1 台
伏欧毫安表(VOM)	1 块
1 N 253(整流二极管)或同类型管子	1 只

四、步骤

1. 把各二极管的型号记入记录表内。如图 2-2(a)及(b)所示, 使用欧姆表(VOM)测量每一只二极管的正向电阻和反向电阻。把各电阻值记入表内。确定并记录每一只二极管的品

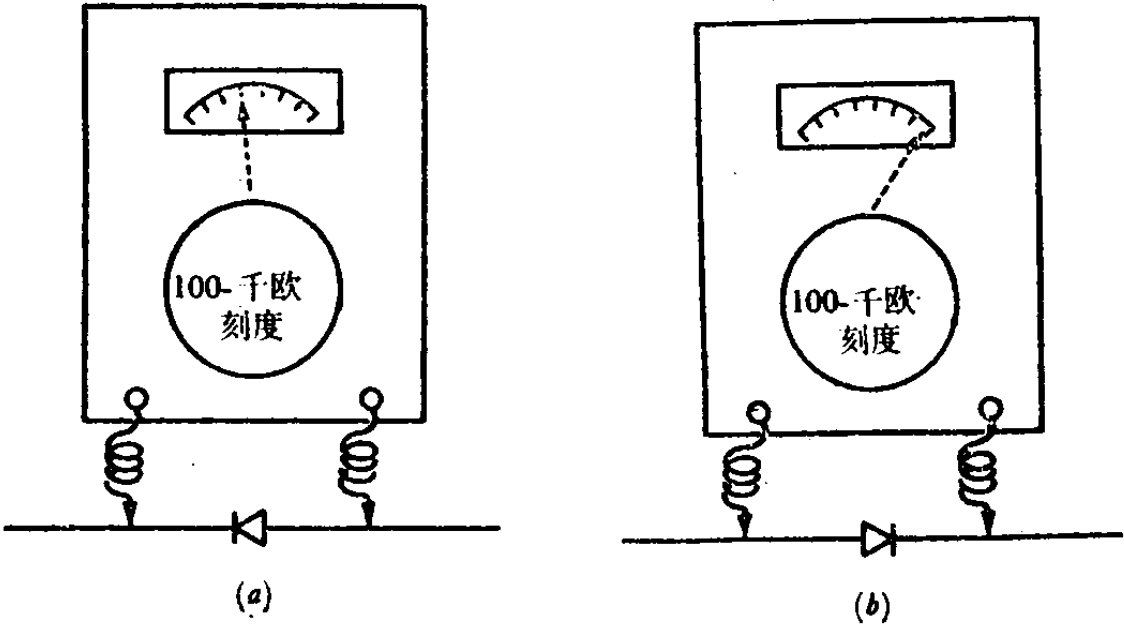


图 2-2