

电子射线示波器

A. Г. 索包列夫斯基著

康文萃译



国防工业出版社

內容簡介

本書是為具備一定知識的無線電愛好者而寫的。書中敘述了近代電子射綫示波器的的工作原理及其特點，引了示波器各主要部件的實際綫路，給出了有關各部件結構的知識。本書還闡述了用電子射綫示波器測量電量和非電量的方法。

А. Г. Соболевский
ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ
ОСЦИЛЛОГРАФ

Госэнергоиздат Москва 1956

本書系根據蘇聯國家動力出版社

一九五六年俄文版譯出

電子射綫示波器

[蘇] 索包列夫斯基著

康文萃譯

*

國防工業出版社出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 耗 $1/32$ · 3 印張 · 62,000 字

一九五八年十一月第一版

一九五八年十一月北京第一次印刷

印數：1—5,800冊 定價：(11) 0.48 元

NO. 2044 統一書號 15034·241

目 录

緒言	5
第一章 电子射綫管	8
1 电子束的形成、聚焦及其控制	8
2 偏轉后加速	13
3 螢光屏	14
4 双束管	15
5 靜电控制管內的畸变	15
6 电子射綫管的电源	18
第二章 扫描發生器	21
7 扫描發生器产生的电压波形	21
8 鋸齿形电压發生器	22
9 帶充气管的直綫性扫描發生器	23
10 多諧振蕩器	26
11 电容負回授扫描發生器	28
12 扫描發生器的完全綫路	31
第三章 放大器	36
13 对放大器的要求	36
14 放大器內的失真	39
15 示波器放大器中的頻率补偿	42
16 直流放大器	46
第四章 輔助装置	49
17 电子开关	49
18 示波器校准器	50

19 从示波器萤光屏上拍攝像片	53
第五章 示波器的完整綫路	54
第六章 示波器在电学、无綫电技术和磁学試驗与 测量中之应用	57
20 测量电压	57
21 测量电流与功率	60
22 测量阻抗	62
23 测量电感綫圈参数	64
24 测量相位与频率	66
25 脉冲的研究	70
26 作桥路中指示器用的示波器	75
27 测量調制	76
28 試驗电子管	78
29 接收机和放大器的頻率特性曲綫与相位特性曲綫的測試	80
30 磁性試驗	88
第七章 示波器在研究和測量非电量上的应用	90
31 测量压力	91
32 測量短促間隔時間	93
33 机械制件檢驗	95

电子射线示波器

A. Г. 索包列夫斯基著

康文萃译



国防工业出版社

內容簡介

本書是為具備一定知識的無線電愛好者而寫的。書中敘述了近代電子射綫示波器的的工作原理及其特點，引了示波器各主要部件的實際綫路，給出了有關各部件結構的知識。本書還闡述了用電子射綫示波器測量電量和非電量的方法。

А. Г. Соболевский
ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ
ОСЦИЛЛОГРАФ

Госэнергоиздат Москва 1956

本書系根據蘇聯國家動力出版社

一九五六年俄文版譯出

電子射綫示波器

[蘇] 索包列夫斯基著

康文萃譯

*

國防工業出版社出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 耗 $1/32$ ·3 印張·62,000 字

一九五八年十一月第一版

一九五八年十一月北京第一次印刷

印數: 1—5,800 冊 定價: (11) 0.48 元

NO. 2044 統一書號 15034·241

目 录

緒言	5
第一章 电子射綫管	8
1 电子束的形成、聚焦及其控制	8
2 偏轉后加速	13
3 螢光屏	14
4 双束管	15
5 靜电控制管內的畸变	15
6 电子射綫管的电源	18
第二章 扫描發生器	21
7 扫描發生器产生的电压波形	21
8 鋸齿形电压發生器	22
9 帶充气管的直綫性扫描發生器	23
10 多諧振蕩器	26
11 电容負回授扫描發生器	28
12 扫描發生器的完全綫路	31
第三章 放大器	36
13 对放大器的要求	36
14 放大器內的失真	39
15 示波器放大器中的頻率补偿	42
16 直流放大器	46
第四章 輔助装置	49
17 电子开关	49
18 示波器校准器	50

19 从示波器萤光屏上拍摄像片	53
第五章 示波器的完整线路	54
第六章 示波器在电学、无线电技术和磁学试验与 测量中之应用	57
20 测量电压	57
21 测量电流与功率	60
22 测量阻抗	62
23 测量电感线圈参数	64
24 测量相位与频率	66
25 脉冲的研究	70
26 作桥路中指示器用的示波器	75
27 测量调制	76
28 试验电子管	78
29 接收机和放大器的频率特性曲线与相位特性曲线的测试	80
30 磁性试验	88
第七章 示波器在研究和测量非电量上的应用	90
31 测量压力	91
32 测量短促间隔时间	93
33 机械制件检验	95

緒 言

无綫电設備一年比一年趋于复杂和完善，无綫电技术在国民經济各个部門中获得了愈来愈广泛的应用。

因此，无綫电爱好者在他們創造的工作中也就愈来愈頻繁地碰到許多困难的技术問題。为了順利地解决这些技术問題，我們必須对所設計的机器中發生的种种过程进行詳尽和全面的分析。当然，这种分析一定要具备必需的測量儀器。此外，在設計与調整过程中应用測量設備，就可以使无綫电爱好者更有意識地去鑒定各种綫路和結構，更清楚地理解自己所設計的机器工作的物理原理。

电子射綫示波器是无綫电爱好者測量實驗室里最通用的儀器之一。非常遺憾，有一些无綫电爱好者对这种儀器的重要性估計不足，甚至有了这样的儀器也往往不去使用。显然，形成这种情况的原因是因为示波器●本身如果不配上一些簡單的附件，就不大可能应用在无綫电爱好者的实际工作中。但是，只要具备了音頻振蕩器和高頻振蕩器（一般都包括在无綫电爱好者的成套測量設備中）和其他一些簡單的附件，示波器就能变成一种通用的儀器，用它可进行各种各样的試驗和測量。

示波器所以能获得广泛的应用在于它具有如下主要优点：在螢光屏上显现出被試过程的圖像，因而特別有利于瞬变、脉冲和其他短时过程的試驗和測量。在电视、无綫电定

● 为簡便起見，以下凡电子射綫示波器均簡称为示波器。

位和无綫电天文学以及无綫电技术其他許多領域內进行試驗时，示波器也同样是一种必备的仪器。

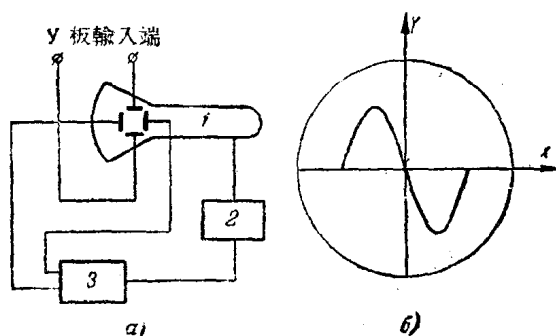


圖 1 最簡單电子射綫示波器的方框圖
(a) 和綫性扫描波形圖(b)。

1—电子射綫管；2—电源部分；3—時間扫描部分。

应当指出，只有对这种極复杂的示波器的作用原理及其各个部件的相互关系具有明确的概念之后，才能充分地使用它。此外，在設計示波器时，不应过于簡化它的电路。这样，虽然在制造上花費了許多的時間和劳动，但是无綫电爱好者却能真正地掌握他所制造的仪器，而这种仪器，只要能善于使用，就可用来試驗各种无綫电設備。

所謂电子射綫示波器，就是能在电子射綫管螢光屏上观察被試电量瞬时值的一种仪器。圖 1 a 所示为最簡單的电子射綫示波器的方框圖。除了电子射綫管 1（示波器的主要元件）以外，綫路內还有电源部分 2 和時間扫描部分 3。時間扫描部分系用来使光点以一定（可調）的速度在射綫管螢光屏上移动。光点通常是沿水平軸綫（也称《時間基綫》或 X 軸）移动的。如果与此同时还使光点沿垂直于時間軸綫的方

向运动，并使这位移值和被测量值成比例，那么光点在射线管萤光屏上所繪出的曲线（称做波形圖），不仅能判断被测量值，还能判断它随时间变化的规律。光点依靠被試量值移动时所遵循的軸綫叫做《現象軸綫》或Y軸（圖16）。

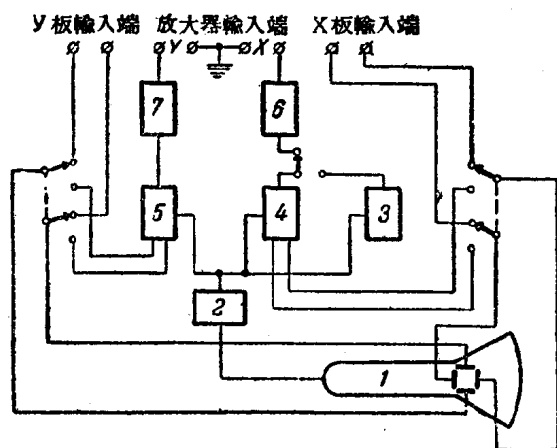


圖2 完善的电子射线示波器的方框圖。

1—电子射线管；2—电源部分；3—时间扫描部分；4和5—X和Y通路放大器；6和7—X和Y通路分压器。

因此，示波器的主要用途是研究交变的电气过程。如使光点不按时间而按其他参数在X軸綫上移动，就可以略微改变取得波形圖的方法。这种示波試驗法最簡單的例子就是繪制电子管的特性曲线，这时，光点在时间軸綫上的移动表示被試电子管的栅極电压值。这个参数虽然是按照任意选择的规律进行改变，但因为这规律仍是时间性的，所以在这种情况下时间因素并没有消除。

上面所討論的最簡單的示波器共由三部分組成。不过，使用这种示波器是有限制的。这是因为示波器实际上是测量电

压的仪器，除了很少的例外情况以外，它所使用的射线管萤光屏上光点的位置均决定于两个射线偏转板系统上所加的电压（其中有一个电压是被试电压或者所有二个都是被试电压）。在使用示波器时，被试电压有时可能不足以显著偏转射线，或者有时恰恰相反，可能过高。因此在第一种情况下，通常需要用二个电压放大器，其中一个接入 X 轴通路，另一个则接入 Y 轴通路（在圖2上它們分別以方框4和5表示）；在第二种情况下需要使用保証降低电压的分压器（方框6和7）。所以，为了使示波器能够广泛和多方面地应用，必須在它里面装入現代电子射线示波器中所常有的一些部分。

除了上述几个部分之外，現代示波器还具有一系列的附加設備，主要用以保証仪器使用方便和提高测量精确度。

第一章 电子射线管

1 电子束的形成、聚焦及其控制

电子束的形成和聚焦是靠管内名叫“电子枪”（或“电子发射器”）的特殊装置来实现的。电子枪在静电控制管内是由阴极、控制电极和二個阳极（圖3）組成。对阴极具有正电位的阳极系用来加速从阴极飞出的电子，并形成一定形状的静电場，使电子聚焦成一細束。当电子束打到萤光屏上时，萤光屏就發光。

阴极是一个小圓筒，在对着萤光屏的筒底面上塗有鋇或鋇的氧化物。圓筒內裝有与筒絕緣的灯絲。灯絲消耗功率在

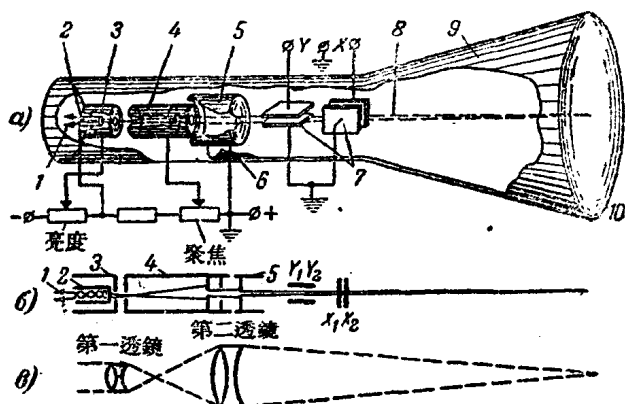


圖3 电子射线管。

a —管子結構； b —原理裝置圖； c —光学类比圖。1—灯絲；2—阴極；3—控制電極；4—第一阳極；5—第二阳極；6—石墨層；7—偏轉板；8—电子束；9—管壳；10—螢光屏。

工作电压4~6.3伏时約为4瓦。

电子束的密度（即螢光屏上光点的亮度）利用控制電極調節。如在控制電極上加上負电压，則形成的靜電場就会阻滯自阴極飞出的电子运动，因而电子将不能全部穿过控制電極的孔，电子束密度或螢光屏上光点亮度逐渐减弱。当控制電極上負电压达到一定数值时，排斥作用将大到使电子不能穿过電極上的小孔，螢光屏不再發光，管子被“截止”。

控制電極后面装有与其絕緣的圓筒形第一阳極，筒内装着几个带孔的膜片，相互間隔一定距离。

第一阳極后面装着第二阳極，第二阳極也是带有膜片的圓筒形電極，与管壳內表面的导电塗層相連接。在第二阳極上加有比第一阳極电压更高的正电压。

利用靜電場使电子束聚焦的过程与光学透鏡对光綫的作

用很相似（見圖36和 θ ）。因此使电子束聚焦的電極系統稱作《电子光学系統》。

陰極、控制電極和第一陽極組成第一电子透鏡。电子穿过这个透鏡，在控制電極前面不远的地方聚成一点。这个电子軌迹的交点比陰極輻射面要小得多，它就是后来反映在射綫管螢光屏上的点电子源。在通过交点以后，电子成散束狀繼續前进。为了使电子束更为細窄，在第一陽極內裝有若干帶孔膜片，只讓电子束的中心最密部分通过。分散的电子束再利用在第一和第二陽極間的第二电子透鏡聚焦。

为了使交点圖像与屏面重合，应适当選擇第一陽極和第二陽極間的电位差。選擇电位差一般用改变第一陽極电压的方法进行，因此，有时将第一陽極稱作聚焦極，而将第二陽極稱作加速極。

当电子束打到屏上时，螢光屏上就形成一个極鮮明的光点；从螢光屏上击出的二次电子由射綫管內壁上带正电的导电層收集。

第二陽極（圖3）和与其連接的导电層一般是接地的，因为偏轉板（其作用将于下面叙述）的平均电位应与第二陽極的电位相等。如将射綫管陰極接地，則偏轉板的輸入端~~将~~处于比示波器外壳高許多的陽極电压下，这将給使用示波器时带来很大的不便，甚至發生危險。因此第二陽極应与外壳連接；而陰極和变压器內管子的灯絲繞組应与底盘良好絕緣，因为这时底盘和陰極間的电压等于高压电源的全部电压。

上述电子槍，即所謂三級管电子槍，具有許多缺点。在較為完善的帶有加速電極和第一陽極回路零电流的电子槍（圖4）內这些缺点有了改进。改进方法就是在控制電極和第

一阳極間加进一个長圓筒形的補助电極（加速电極）。

在这个加速电極上加上第二阳極的电位。位于控制电極和第一阳極間的加速电極消除了像三極管电子槍內發生的聚焦調節对屏上光点亮度的影响。此外，三極管电子槍的第一阳極还有几个拦阻很大一部分电子的膜片。因此，为了保証第一阳極电压調節的可靠性，須在分压器回路內装一較小的电阻，以增加分压器內能量的无益消耗。圖 4 所示电子槍的第一阳極是一开口的短筒或一带有大孔的膜片。在这种结构的电子槍內，第一阳極实际上并不拦阻电子；阳極电流很小，而聚焦調節不会影响电子束的密度以及螢光屏上光点的亮度。

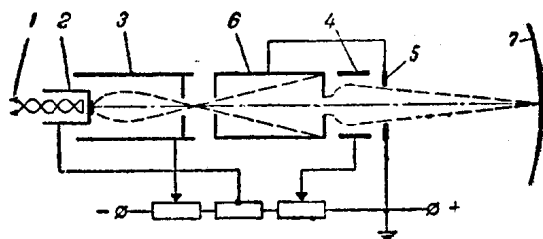


圖 4 帶有加速电極和第一阳極零电流的电子槍。

1—灯絲；2—阴極；3—控制極；4—第一阳極；

5—第二阳極；6—加速电極；7—螢光屏。

光点亮度以及聚焦質量与电子束內电子的速度有关，速度与加速电压 $1/2$ 次方成正比。

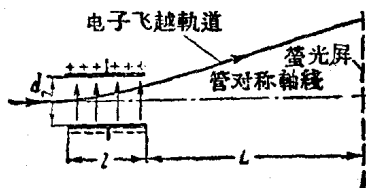
按照射綫管的結構和功用的不同，加速电压可由 700～800 伏到数千伏，甚至数万伏，相当于电子速度从每秒数十公里到数十万公里。

为了对某一过程进行示波研究，必須按照被测值使电子束同时沿 X 軸（一般与時間成正比）和 Y 軸移动。

为了移动（偏轉）电子束，采用了由二塊金屬板組成的

偏轉系統（圖5）。如在金屬板上加上直流电压 U ，則二板間便形成靜電場，这个電場对电子有一个作用力，力的方向向着带正电的金屬板。依靠这个力，电子束的电子将离开自己原来的途徑。这个偏轉与加在金屬板上的电压和板的长度 l

成正比。此外，电子束的偏轉随着偏轉板至管子螢光屏的距离 L 增加而增大。但增大板間距离 d 和增加第二阳極电压会使电子束的偏轉减小。



所以在其他条件相同的 圖5 在靜電場內电子束的偏轉。情况下所需的偏轉电压值与加速电压值成正比。

因此，在增大偏轉时，須降低第二阳極电压。但是降低电压会引起聚焦变坏和螢光屏上光点亮度减低。所以必須寻找最适宜的加速电压值，一方面能保証足够的亮度和聚焦質量，而另一方面又能使所需要的偏轉电压不致于过高。

有时必須采用各种不同的阳極电压：如果需要良好的聚焦和較高的亮度时（如在拍摄快速变化过程时），加速电压应选得相当大；如果在聚焦質量稍微降低的情况下而使光点在螢光屏上获得較大的偏轉（較大的偏轉灵敏度）时，应减小阳極电压。

为了說明偏轉系統，引用了偏轉灵敏度这一概念，偏轉灵敏度等于在1伏偏轉电压下光点在屏上的位移。

灵敏度等于 $\frac{Ll}{2U_a d}$ ，式中 U_a ——第二阳極电压(伏)； L 、 l 和 d （見圖5）——以毫米計。

在靜电控制管中采用二对相互垂直的偏轉板。在使电子束沿水平方向移动的一对偏轉板 X_1 和 X_2 上（見圖3），加上

使电子束以一定速度在屏上从左向右移动的扫描电压。

如在电子束沿水平线作等速运动的同时，将被试电压加到偏转板 Y_1 和 Y_2 上，使电子束随被试电压值的改变作垂直偏转，则电子束在荧光屏上可描出被试电压随时间变化的曲线（圖 6）。

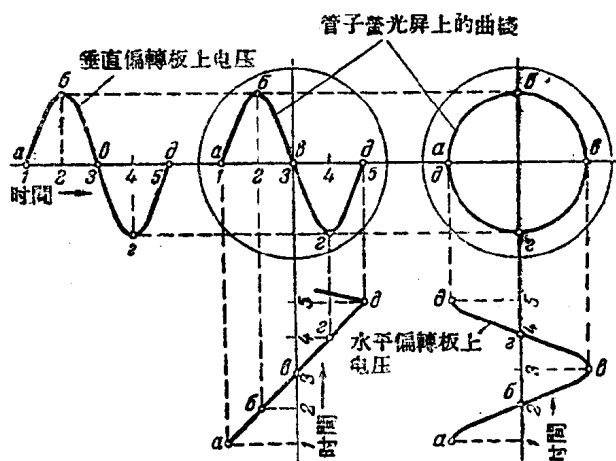


圖 6 在二对偏轉板作用之下电子束在螢光屏上的移动。

应该指出， X 板通常靠螢光屏較近，所以管子沿 X 軸方向的灵敏度較低。

2 偏轉后加速

电子射綫管屏上所塗的螢光剂之發光效率是与第二阳极电压的平方成比例增加的。但第二阳极电压的增加会使偏轉灵敏度减低。因此为了在不降低灵敏度的条件下增加亮度，在某些型式的电子射綫管中常采用偏轉后加速，即当电子越过偏轉板向螢光屏运动时，用加在第三阳极上的正电压补充