

电子束管丛书

彩色显象管

(上册)

童林夙 吴祖垲

刘正忱 等编著



75.66573
645

电子束管丛书

彩色显象管

(上册)

童林凤 等编著

国防工业出版社

·北京·

9610203

D021/01

图书在版编目(CIP)数据

彩色显象管/童林凤等编著. —北京:国防工业出版社,
1996.4

(电子束管丛书)

ISBN 7-118-01513-X

I. 彩… II. 童… III. 彩色显象管-基本知识 IV. TN14
1.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 13761 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

河北三河市腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 14 $\frac{1}{4}$ 384 千字

1996 年 4 月第 1 版 1996 年 4 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:18.60 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

00001000

编委会名单

主 编： 吴祖垵

副主编： 沈庆垓 陈遥乌

编 委： (以姓氏笔画为序)

王士杰 西门纪业 孙伯尧

张树钧 周生珣 郑步京

龚兆琪 黄东昌 童林凤

序

电子束管也称阴极射线管,是电真空器件中的一大门类。虽然电真空器件中不少门类已全部或局部为固体器件或其他器件所替代,而电子束管由于它具有独特的性能,除个别管种外,还在继续发展。

我国对电子束管的研究开发工作起始于本世纪 50 年代,而大量生产则在 60 年代初期。其中示波管、雷达指示管、黑白显象管在 60 年代初期已大量生产,彩色管、储存管、摄象管的科研开发工作则要追溯到 50 年代的末期。现在彩色管已经大量生产,储存管和摄象管仍处于批量生产阶段。总的来说,我国对电子束管科研开发及大量生产已有 30 多年的历史。

为了适应四化的要求,电子工业部中国电子器件工业总公司要求我们将已取得的成就加以理论分析和系统的总结,编写成电子束管丛书,以供从事电子束管的教育工作者,企业、事业和工厂的技术人员和管理人员以及器件应用的工程技术人员参考并作为知识更新之用,也可作为大专院校、中技校学生课本的补充。

我们聘请了有关专家、教授和工程师共同商讨编写丛书的内容,其中包括器件工作的原理,设计的方法,工艺的陈述,器件的应用,然后分别执笔和审稿,现已编写成一套丛书,计

示波管

黑白显象管和显示管

摄象管

彩色显象管(上、下册)

电子光学计算机辅助设计

等五卷,由国防工业出版社陆续出版。

由于编写人员的分散,执笔人员众多而且他们的工作都在课余或业余进行,因此在逻辑性和系统性上还存在一些问题,希望读者们指正,以便在再版时予以补充和修正。

吴 祖 垵

前 言

彩色显象管问世已 30 多年了,至今仍在不断发展着。由于固体器件的迅猛发展,电真空器件受到了强烈冲击。在电真空器件中,彩色显象管是唯一剩存的富有生命力的管种。这是因为电视已深入到社会生活的各个方面,人们已离不开电视了。社会需要是彩色显象管发展的强大推动力。其次,到现在还没有一种器件能取代彩色显象管。因为彩色显象管的大规模生产技术已经成熟,它的加工精度、一致性和可靠性是前所未有的,它的性能/价格比也是其他显示器件无法相比的。现在彩色显象管正在朝着更高性能发展,可以预料,不久将会在社会上普及新一代的高清晰度彩色电视,其性能之优良使其他显示器件望尘莫及。可以说,彩色显象管是本世纪电子学取得的最显著成就之一。

几十年来,彩色显象管是在荫罩管和无荫罩管之间的竞争中发展起来的。荫罩管由于一系列优点很快脱颖而出。60~70 年代荫罩管发展的重点是提高亮度,70 年代末~80 年代初转向发展自会聚技术,到了 80 年代中期又发展了平面直角管系列产品,而高清晰度彩色显象管随之到了技术成熟的程度。彩色显象管技术内容非常丰富、多样,有关的技术资料成千上万,但至今没有一本全面系统地总结彩色显象管设计、制造、测试、使用等方面的著作。实际上这样做也是十分困难的。为了适应我国彩色显象管工业发展的需要,我们力求在总结解放后我国研制生产彩色显象管的经验以及消化吸收引进国外技术的基础上,以自会聚管为主要内容编写此书。

本书是在我国著名的电子学家吴祖垲教授指导下编写的。全书共分六篇 23 章。第一篇介绍彩色图象发送与接收原理,彩色图象的实现方法,对彩色图象的要求等;第二篇介绍彩色显象管的设

计方法,首先介绍设计彩色显象管的依据——色度学,然后是设计的一般考虑,接着依次介绍电子枪、荫罩、偏转线圈、玻壳、校正透镜等主要部件的设计方法;第三篇介绍彩色显象管主要部件制造技术;第四篇重点从阐述工艺原理的角度介绍彩色显象管荧光屏制造技术;第五篇介绍彩色显象管整管制造技术(主要是封口以后的各道工序,又称后工序);第六篇介绍彩色显象管的测试方法和使用、保养、维修的原则与注意事项;最后在展望部分对彩色显象管今后的发展动向作了简要的评述。编写时一般采用法定计量单位制,为照顾历史沿用的习惯,也保留了少量英制单位(如英寸)。

全书编写分工如下:序言和第一篇概论共3章由童林凤负责编写。第二篇彩色显象管的设计方法共7章由刘正忱负责,其中第四章和第六章由吴祖垠编写,第五章由童林凤编写,第八章由李廉洁编写,第七、九、十章由刘正忱编写。第三篇彩色显象管主要部件制造技术共3章,第四篇彩色显象管荧光屏制造技术共4章,第五篇彩色显象管整管制造技术共2章,以上均由蒋宗礼负责编写。第六篇彩色显象管的测试方法和使用共4章,由佟成任负责编写。展望由童林凤负责编写。全书由童林凤教授统编,吴祖垠教授审核定稿。发稿时,承蒙阮宝崧教授审定了部分内容,在此表示感谢。

近年来,在我国彩色显象管工业的发展过程中,引进了世界上主要生产彩色显象管的厂家和公司的大部分技术和工艺设备及其软件。这些技术和工艺软、硬件各具特点,我们只能选择其中之一为主介绍,同时着重阐述原理和方法以求消化吸收,举一反三。本书限于篇幅,未能反映十分重要的彩色显象管有关材料方面的内容。为了弥补这方面的不足,将彩色显象管主要部件所用主要材料简要地列成表格作为本书的附录(由陈遥当负责)。由于内容涉及面很广且各具特点,加之近年来国内外彩色显象管技术发展迅速,我们虽然尽可能全面反映最新成果,但由于编者学识水平有限,错误之处在所难免,希望读者批评指正。

编 著 者

1995年3月

内 容 简 介

本书全面而系统地介绍了彩色显象管的工作原理、设计方法、制造工艺、测试方法和工作性能。全书共分六篇、23章,重点是结合我国生产情况介绍自会聚彩色显象管,这是我国有关单位从事设计、引进、研制和生产彩色显象管方面工作的技术经验总结。

全书分上、下册出版。上册含二篇10章,介绍彩色显象管的工作原理和设计方法,包括电子枪、荫罩、偏转线圈、玻壳和校正透镜的设计。

本书可供从事彩色显象管设计和制造的工程技术人员和彩色电视机的制作与维修人员参考,亦可作为大专院校有关专业的教师、大学生、研究生的教学参考书。

目 录

绪 言	1
-----------	---

第一篇 概 论

第一章 彩色图象的再现要求	8
---------------------	---

§ 1.1 彩色图象的传送与再现	8
------------------------	---

1.1.1 三基色原理	8
-------------------	---

1.1.2 彩色图象的传送	9
---------------------	---

1.1.3 彩色图象传送和再现的基本要求	10
----------------------------	----

1.1.4 彩色图象的再现	13
---------------------	----

§ 1.2 彩色图象再现与视觉特性	19
-------------------------	----

1.2.1 人眼与视觉系统	19
---------------------	----

1.2.2 视觉特性与电视发展	22
-----------------------	----

1.2.3 视觉特性与电视图象信息的相关性	24
-----------------------------	----

1.2.4 电视图象闪烁与人眼闪烁融合频率	24
-----------------------------	----

1.2.5 电视图象的清晰度与人眼的视力	26
----------------------------	----

1.2.6 电视图象的边缘清晰度与人眼的对比效应	27
--------------------------------	----

§ 1.3 彩色图象参数与视觉特性	27
-------------------------	----

1.3.1 视觉特性	28
------------------	----

1.3.2 视觉特性与再现图象的关系	35
--------------------------	----

第二章 荫罩式彩色显象管	40
--------------------	----

§ 2.1 三枪三束荫罩式彩色显象管	40
--------------------------	----

2.1.1 工作原理	40
------------------	----

2.1.2 黑底技术	43
------------------	----

2.1.3 会聚技术	45
------------------	----

§ 2.2 单枪三束荫条式彩色显象管	50
--------------------------	----

2.2.1 工作原理和结构特点	52
-----------------------	----

2.2.2 单枪三束彩色显象管的改进	56
--------------------------	----

§ 2.3 自会聚彩色显象管	64
2.3.1 自会聚原理	64
2.3.2 自会聚彩色管的结构与特点	74
2.3.3 自会聚彩色管的类型	85
第三章 其他彩色显象管	112
§ 3.1 束指引型彩色显象管	113
3.1.1 束指引型彩色显象管的工作原理	113
3.1.2 束指引型彩色显象管的结构	119
§ 3.2 穿透型彩色显象管	122
3.2.1 穿透屏的工作原理	123
3.2.2 穿透屏的设计	126
3.2.3 穿透屏的工艺类型	134
3.2.4 穿透管的工作方式	137
3.2.5 穿透管的特点和用途	140

第二篇 彩色显象管的设计原理

第四章 色度学	143
§ 4.1 色度的计算	143
4.1.1 色度学及其常用的术语	143
4.1.2 三基色值及颜色图	144
4.1.3 CIE 色坐标的计算	148
4.1.4 均匀颜色标尺	151
4.1.5 色比较温度与普朗克轨迹	153
4.1.6 相关色温	156
4.1.7 刚辨色差 MPCD	157
§ 4.2 色度的测量	160
4.2.1 能量分布曲线的测定	160
4.2.2 色度计	162
4.2.3 其他的新型色度计	164
第五章 彩色显象管设计概论	166
§ 5.1 设计概论	166
5.1.1 设计的概念	166
5.1.2 设计工艺	167
5.1.3 新产品设计	167

5.1.4	设计的更改	170
5.1.5	设计人员应注意的有关事项	170
5.1.6	设计参数	171
§ 5.2	设计举例	172
5.2.1	阴极与热丝设计的一般概念	172
5.2.2	电子枪设计的一般概念	184
第六章	彩色显象管中常用电子枪的设计考虑	194
§ 6.1	影响电子束直径的几个因素	194
§ 6.2	彩色显象管中常用的电子枪	197
§ 6.3	高压聚焦(TPF)电子枪	199
§ 6.4	高压聚焦双电位(Hi-BPF)电子枪	203
§ 6.5	B-U 及 U-B 电子枪	206
§ 6.6	单枪三束管电子枪	208
§ 6.7	COTY-29 电子枪	210
§ 6.8	大孔径透镜电子枪	214
第七章	荫罩及其支撑机构的设计	220
§ 7.1	概述	220
§ 7.2	平面荫罩的几个基本特性	222
7.2.1	荫罩的透射率	222
7.2.2	荫罩的清晰度	229
7.2.3	荫罩与色纯度及对比度	239
§ 7.3	成形荫罩的设计与计算	242
7.3.1	粉点(条)向心聚焦作用	242
7.3.2	荫罩曲率半径的计算	245
7.3.3	动态会聚对荫罩形状的影响	251
7.3.4	荫罩孔隙随偏转角度的变化	252
§ 7.4	荫罩和框架的热补偿	254
7.4.1	概述	254
7.4.2	热补偿量的计算	255
7.4.3	荫罩热变形的两种形式及其补偿	259
7.4.4	荫罩网中心偏离的校正	267
§ 7.5	荫罩设计中的莫尔效应	268
§ 7.6	几种改进型荫罩的原理与方法	281
第八章	偏转线圈的设计方法	294

§ 8.1 偏转线圈概述	294
8.1.1 偏转线圈的作用	294
8.1.2 对偏转线圈的要求	294
8.1.3 偏转线圈的种类	296
8.1.4 偏转线圈的结构	297
8.1.5 偏转线圈与彩色显象管的关系	298
8.1.6 偏转线圈的技术指标	298
§ 8.2 偏转线圈的设计基础	309
8.2.1 偏转线圈的磁场分布	309
8.2.2 电子束在偏转磁场中的偏转特性	313
8.2.3 偏转线圈的绕线密度分布函数 n_{θ}	316
8.2.4 偏转象差	318
8.2.5 光栅畸变的校正方法	319
8.2.6 象散象差的校正方法	327
8.2.7 三束会聚原理	330
8.2.8 管颈阴影	340
8.2.9 扫描系统的设计	342
8.2.10 47cm 彩管无枕形畸变偏转线圈的设计实例	346
§ 8.3 偏转线圈的制造	355
8.3.1 偏转线圈制造的工艺流程	355
8.3.2 生产工序的质量控制及技术管理	357
§ 8.4 偏转线圈的发展动向	359
第九章 彩色显象管玻壳外形设计及结构分析	361
§ 9.1 彩色显象管玻壳结构的基本要求	361
§ 9.2 玻屏的设计与计算	363
9.2.1 玻屏设计的一般考虑	363
9.2.2 玻屏外廓尺寸的计算	367
9.2.3 玻屏内表面的设计	368
9.2.4 建立屏面空间曲面数学模型的方法	371
9.2.5 玻屏外形的改进	373
§ 9.3 玻锥的设计与计算	374
9.3.1 玻锥设计的一般考虑	374
9.3.2 玻锥尺寸设计的分析法	376
9.3.3 玻锥尺寸借助于建立方程并通过计算机数值求解	382
9.3.4 颈锥过渡压形状的确定	389

§ 9.4 玻壳的应力与强度	394
9.4.1 一般概念	394
9.4.2 玻壳应力的计算法	397
9.4.3 玻壳的强度	400
§ 9.5 玻壳的爆炸与防爆	403
9.5.1 彩色显象管爆炸的原因与过程	403
9.5.2 玻壳的防爆及其方法	406
第十章 校正透镜的设计方法	413
§ 10.1 概述	413
§ 10.2 校正透镜的设计	417
10.2.1 光线通过平板玻璃后的变化	417
10.2.2 电子束在磁场中偏转时偏转中心前移量的变化	419
10.2.3 电子束随偏转角增大在屏上的群散现象和 Δs 的校正	423
10.2.4 透镜的设计计算	426
10.2.5 透镜面形的计算方法	437
10.2.6 校正透镜的反设计方法	447
§ 10.3 非连续面校正透镜	452
主要参考资料	455

绪 言

彩色显象管发展至今已 40 年了。而彩色电视发展到现在已有 70 多年了^①,如果从最初提出电视设想算起,那么电视的发展历史已有 100 多年了。1875 年,George Carey 首次提出用电的方法传送活动图象即电视的设想。1879 年 Crookes 制作真空管发现了阴极射线。1896 年 Braun 制成了具有聚焦和偏转电子束性能的阴极射线管。1906 年德国 Max Dieckman 和 G. Glage 提出用机械扫描方法观察图象。俄国 Boris 和英国 A. C. Campbell Swinton 分别于 1907 年和 1908 年在《自然》杂志上提出用电子扫描方法将阴极射线管用于观察图象的设想。然而首次使用阴极射线管还是在大约 60 年前的事。最初是用它观察将电气现象变为可见图象,后来就用作雷达显示器,与此同时还考虑将阴极射线管作为电视机的显象管。1875~1920 年可以说是电视的设想阶段。1920 年至第二次世界大战期间是电视的实验和制定标准的阶段。在 1950 年以前,彩色电视试验都是采用机械式的。1951 年美国在国内试播全电子式彩色电视节目,由 RCA、GE 和 Sylvania 三个公司联合制作,采用的是三枪三束荫罩式圆形屏彩色显象管。这是彩色显象管发展的起点。

彩色显象管发展至今大体上经历了以下四个阶段:1950 年到 1955 年的试制研究阶段,1955 年到 1965 年的大规模生产工艺准备阶段,1965 年到 1972 年的大规模生产提高产品质量阶段,1972 年至今是自会聚管作为商品定型、成熟、发展的阶段。

^① 最初发明的彩色电视使用圆盘扫描技术,证明了通过控制三基色可重现彩色的原理。

第一阶段(1950~1955年):彩色显象管是1950年开始研制的,最初的荫罩式彩色显象管荧光屏是圆的,直径为35mm,管锥是金属的,偏转角只有 45° 。1954年生产的管子直径为50mm,偏转角为 70° ,屏也是圆的。这个时期对三枪三束荫罩式彩色显象管来说是打基础阶段。美国无线电公司(RCA)对基本设计理论进行了许多工作,奠定了三枪三束荫罩式彩色显象管的理论基础。在此期间有以下几项比较重要的改进:第一,1954年将荫罩由平面改为曲面;第二,采用照相沉淀荧光粉点工艺;第三,试用12种荧光粉,选择较合适的荧光粉;第四,严格制造工艺,使产品有较好的一致性,并降低了成本。这些改进至今仍是制造荫罩式彩色显象管的工艺基础。但是在这个阶段中,由于玻壳内有荫罩板,工艺上产生了困难。首先,三束会聚变得复杂,调整技术困难;其次,荫罩板不易除气;第三,荫罩板受热后膨胀破坏色纯,必须引进温度补偿装置。

在这个阶段,提出过各种彩色显象管方案,除了荫罩管外还有后聚焦栅管、束指引管等。由于荫罩管采用校正透镜,利用光学曝光法将荧光粉沉淀在屏上,所以能做到产量大、合格率高、成本低的要求,因而三枪三束荫罩管在竞争中占了主导地位。

第二阶段(1955~1965年):大规模生产工艺准备阶段。到1965年,美国生产了418万只彩色显象管。日本于1955年开始研制彩管,1957年用美国零件制造19英寸三枪三束彩色显象管,以后又大力进行材料和工艺的研究,解决了低熔点玻璃、PVA感光胶、曝光、涂屏、荫罩制造等工艺问题,建立了大规模生产自动流水线,合格率达98%以上,因而降低了成本。RCA也于1965年开始由亏损转为盈利。

在这个阶段,工艺上有几个值得注意的发展:

(1)彩色显象管的屏由圆形改为矩形。1958年日本首次制成44cm矩形屏,偏转角是 70° 的管子。

(2)1964年,偏转角 70° 、管颈直径51mm的管壳,改为偏转角 90° 、管径36mm的管壳,从而缩短了管长。

8090188

(3) 荧光粉材料有所改进,亮度大大提高,重新打开了市场。从此,彩色显象管的产量逐年增长,而且生产厂家由亏损转为盈余。1955 年以来,荧光粉起初采用 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Mn}$ (红粉) 和 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 : \text{Mn}$ (绿粉),这种荧光粉发光效率很低,余辉较长,在显示运动图象时造成图象模糊,彩色混淆。1961 年采用了全硫化物荧光粉,它以硫化锌晶体或硫化锌-硫化镉混合晶体作母体,用银或铜等作激活剂。改变硫化锌与硫化镉的混合比例,可以得到从蓝、绿到红的很宽范围的各种发光颜色,亮度提高了 50%,余辉时间也缩短了,三束的白场电流比也有所改善。

总之,这个阶段特点是产量大大增长,要求大偏转角、细管颈、矩形屏,对亮度和对比度要求提高,即对彩色显象管的性能提出了更高的要求。

第三阶段(1965~1972 年):1966 年以来彩色显象管无论在数量上还是在质量上都有飞跃的进步,主要发展趋势是提高亮度、对比度、增大偏转角与简化会聚调整。在这个阶段中有三个划时代的进展。

(1) 1964 年美国 Sylvania 公司研制成功稀土荧光粉 $\text{YVO}_4 : \text{Eu}$ 。这种荧光粉发光效率很高,相对亮度为 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Mn}$ 的 215%。同年又发展了 $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$,它的发光效率更高,相对亮度为 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Mn}$ 的 320%,比硫化物荧光粉发光效率高 1 倍。这种稀土荧光粉出现后,美国彩色显象管年产量大幅度提高。1967 年又研制成功红色高亮度荧光粉 $\text{Y}_2\text{O}_3\text{S} : \text{Eu}$ 。日本在美国刺激下也采用稀土荧光粉,产量也是逐年增加。例如 1970 年日本彩色电视机产量为 640 万台,1971 年为 690 万台,1972 年达 820 万台。这种稀土荧光粉发光效率从 1958 年的 8.5lm/W 提高到 1972 年的 35lm/W。由于采用新的荧光粉和涂屏技术,1972 年彩色显象管亮度比 1965 年提高约 3 倍。

(2) 为了提高对比度,1969 年 RCA 推出了黑底管技术。一般来说,亮度和对比度是有矛盾的。通常荫罩管的荧光屏透光率为 52%,这个数值是亮度和对比度的折衷值,此时亮度损失约 50%