

国外电真空用金属材料

(彩色显象管部分)

上海钢铁研究所 编

上海科学技术情报研究所

国外电真空用金属材料

(彩色显象管部分)

上海钢铁研究所 编

*

上海科学技术情报研究所出版

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 4 字数: 96,000

1975年12月第1版 1975年12月第1次印刷

印数: 1—8,800

代号: 151634·268 定价: 0.50 元

(只限国内发行)

前 言

电视广播是开展思想意识形态领域阶级斗争的阵地，是巩固和加强无产阶级专政的工具。通过它可以准确、及时、生动形象地宣传马列主义和毛泽东思想，贯彻落实毛主席的革命路线和党的方针政策，宣传社会主义革命和建设的伟大成就。所以搞好电视工业不仅是有经济意义，更重要的是有伟大的政治意义，是一项光荣的政治任务。

几年来我国彩色电视显象管的生产，本着毛主席的“独立自主，自力更生”的精神，经过广大工人、干部、技术人员的不断努力，已取得了良好的进展。目前，已能生产单枪三束和三枪三束彩色显象管。当前，我国电视工业正跨入一个以提高质量为中心的发展阶段。“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”。

随着我国电视工业的蓬勃发展，迫切需要对显象管中金属材料的选用、研制和生产等方面进行大量的调查研究工作。

在上级领导亲切关怀和兄弟单位大力支持下，我们对国外彩色显象管用金属材料作了一定的调查研究工作，但是，由于我们的知识面浅薄，特别是对显象管的实际生产认识极为有限，因此，所收集到的材料及对这些材料的分析，不论在广度或深度方面都不足以反映出彩色显象管中用金属材料的全貌。为此，希望读者能按照“洋为中用”的原则，进行有分析、有批判地参考。如有错误之处，请读者提出宝贵意见。

在编译工作中，我们得到上海电珠一厂，上海电子管二厂，上海广播器材厂，金星金笔厂，上海无线电三厂，上海冷轧带钢厂，复旦大学，上海市计量局，中国科学院冶金研究所和南京 741 厂等单位的大力协助，在此表示深切的谢意。

编者

一九七五年十二月

目 录

前言

一、国外彩色显象管生产概况	1
二、彩色显象管工作原理	3
三、彩色显象管中的金属材料	7
(一)荫罩和栅网	8
1. 网板	8
2. 框架	14
3. 定位件及其它弹性元件	15
(二)电子光学系统	17
1. 阴极	17
2. 热子(灯丝)	30
3. 电子束枪体	31
4. 阳极及定位销	35
5. 导磁片	42
6. 枪体定位簧片	42
7. 管脚及支撑材料	43
(三)消气剂	43
1. 消气剂的简况	43
2. 近代消气剂的进展	45
3. 消气剂结构的改进	53
4. 消气合金的改进	57

附录

国外单枪三束及三枪三束彩色

显象管中金属零件的化学成分牌

号对照表

一、国外彩色显象管生产概况

目前,截至1973年,全世界电视机总数已达两亿七千万台,而电视机年产量约为3500万台,比1971年的1700多万台增长了一倍。年产量最高的国家是日本和美国。日本在1969年电视机产量为1210万台(彩色480万台),1972年日本生产量为1235万台(彩色810万台),1973年日本生产量为1300万台(彩色900万台),同年美国生产彩色电视机800万台,黑白电视机230万台。在欧洲,生产彩色电视机的主要国家为:英国1973年生产200多万台,西德100多万台,法国接近100万台。国外,在几个主要资本主义国家,彩色电视机已成为电子工业的主要领域,其发展速度也比较快。年产量突破50万台的国家及其所用时间如下:

西德	3年	1967年开始播送彩色电视	1970年彩色电视机产量87万台
英国	4年	1967年开始播送彩色电视	1971年彩色电视机产量62万台
日本	6年	1960年开始播送彩色电视	1966年彩色电视机产量52万台
美国	9年	1954年开始播送彩色电视	1963年彩色电视机产量74万台

在电视工业发展较早的国家中,电视机的生产趋势是彩色机迅速上升,黑白机逐年下降,例如美国(1967年)、日本(1970年)、英国(1972年)所生产的彩色电视机台数开始超出黑白电视机的产量。

彩色显象管是彩色电视机的关键部件。各国在彩色电视机的生产中都首先着重发展和研究新型的彩色显象管。国外彩色显象管的生产以日本和美国的发展速度最快,产量最高,美国和日本的彩色显象管产量已远远超出黑白显象管。美国在50年代已开始生产彩色显象管。日本于1955年开始研究彩色显象管,并从美国引进专利技术,1957年就制成19吋三枪三束彩色显象管。此后,它积极开展对材料和工艺的研究,最近几年来,其产量增长速度大大超过美国,到1972年日本彩色显象管年产量达到971万个,超过美国而居世界第一(见表1)。

表1 美国和日本彩色显象管年产量(万个)比较表

国 别	年 份							
	1959	1961	1963	1965	1967	1969	1971	1972
美 国	198	286	288	418	827	750	—	686
日 本	—	—	—	10	148	553	770	971

在质量方面,为了争夺市场国外各主要生产国亦颇重视,以管子寿命为例,日本一般都规定在1万小时以上。

自从50年代中期,彩色电视机投入大量生产以来,彩色显象管结构有很大改进,性能也有显著提高,早期的栅控管已被淘汰。目前,彩色显象管主要是荫罩管,它在发展中一直居于主要地位。近年来,除荫罩管外,各国又相继研制出一些新型彩色显象管,例如,单枪三束

栅网管、单束开关栅顺序管、束导引管、超黑底矩阵管和简化设备和调整技术的集成管。目前,彩色显象管发展的主要趋势是扩大偏转角,提高亮度和清晰度及简化会聚调整等方面。

1. 扩大偏转角 六十年代后期,为了实现大型平面型电视的要求,彩色显象管偏转角不断扩大。1965年彩色显象管偏转角由70度扩大到90度。七十年代偏转角又由90度扩大到110°。最近,日本索尼公司又研制出114度、120度和122度的单枪三束彩色显象管,随着偏转角的增大使管子长度大大缩短,相应地使彩色电视机的体积大大减小,目前,国外生产彩色显象管的偏转角已从90度过渡到110度。

2. 提高亮度 近年来,由于采用新的荧光粉和涂屏技术使彩色显象管的亮度有了显著的提高,例如铕激活的氧化物荧光粉的广泛应用使亮度提高了3倍以上。为进一步提高亮度和对比度,六十年代末期在美国和西欧又发展出一种黑底管技术,已很快地推广到日本并已发展成为当前生产中的主要管型。目前,美国生产的彩色显象管中黑底管约占百分之六十,由于采用黑底管技术,使彩色显象管萤光屏亮度提高约30%左右。

3. 提高清晰度 随着彩色显象管亮度的提高,所面临的另一个技术问题是提高清晰度。在这方面日本松下公司已采用高分辨率电子枪和小孔距阴罩,将阴罩孔数增加四倍,将荫罩孔间距缩小到0.3毫米而开始生产22吋高清晰度彩色显象管。

4. 简化会聚调整 为了简化彩色显象管所特有的会聚调整,各国都在研究进一步简化会聚调整的新型彩色显象管,这样,可以使彩色电视机生产过程中的调整时间缩短,操作容易。日本和美国的一些公司已开始生产这种所谓无会聚调整的显象管,并在管上装有固定式偏转线圈,因此,可以取消电视机生产过程中的装配偏转线圈和会聚调整等工序,使整机的成本大大降低。

二、彩色显象管工作原理

彩色显象管目前型式繁多,例如荫罩型三枪三束管(以下简称三枪三束管)、栅网型单枪三束管(以下简称单枪三束管)、黑底管、三枪一列管、开槽荫罩管等,但目前世界上彩色电视接收机的产品中使用最多的是荫罩管,它是唯一大规模生产的管型,占99%的产量;其次是1968年后日本索尼公司开始生产的单枪三束彩色显象管,下面就这两种管型作简单的介绍。

(一) 荫罩型三枪三束显象管

这种显象管实际上等于三只(红、绿、蓝)显象管合装在一支显象管内。因此它有三支电子枪,分别激发红、绿、蓝三色。为使激发每种颜色的电子枪只打亮该色荧光粉,所以在离萤光屏10毫米处设有一块具有许多小孔的薄钢板,在这块薄钢板上平均分布有30万~40万个小孔,每个孔的直径约0.25毫米。屏上萤光粉做成小圆点,它的排列恰使每种颜色电子枪所发射的电子束穿过罩上小孔后,打在相应的萤光粉点上,因而形成红绿蓝三幅图象,最后再在人眼中融合而成彩色图象。这种彩色显象管因为采用三个电子枪,所以亦称为三枪三束管,它的简单原理如图1所示。

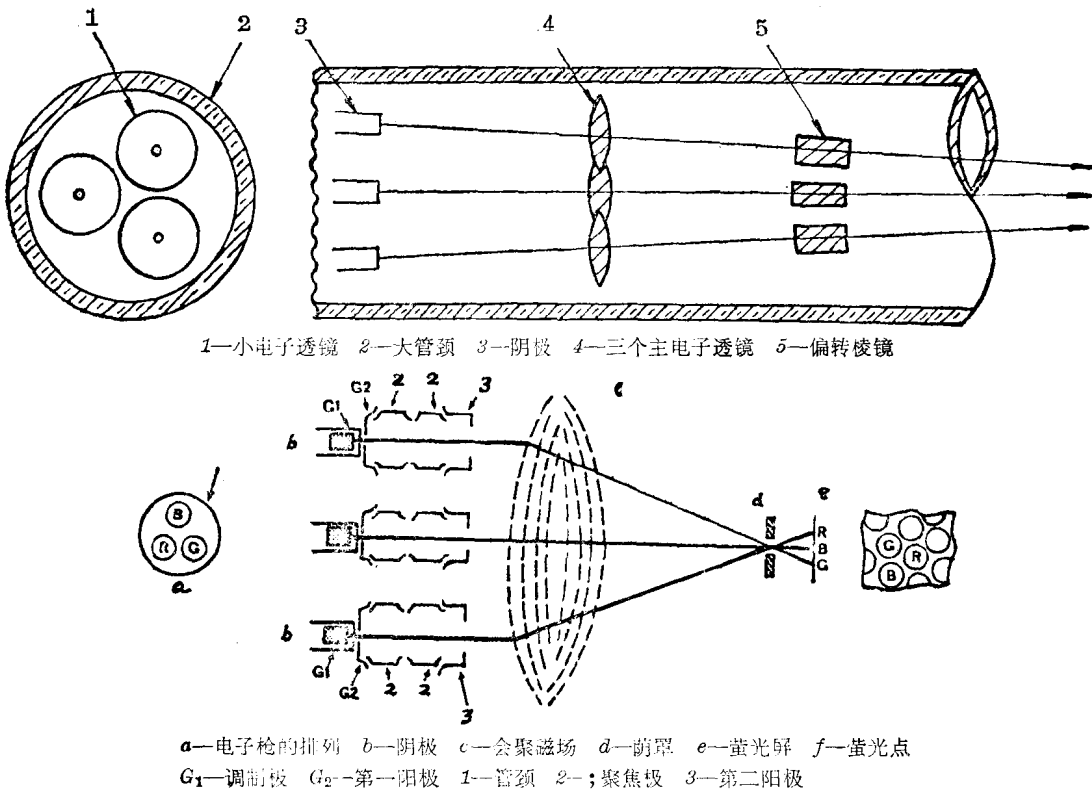


图1 三枪三束管的光学系统(上图)和结构(下图)

三枪三束管的现状是已能进行大规模生产。目前世界上已建成许多年产量在 100 万只以上的车间,工艺也基本稳定。但它仍具有下列缺点:

(1) 透明度低,只有 15% 左右电子束能透过荫罩打在荧光粉上,因而发光效率低。为提高亮度,使用高达 25KV 的阳极电压,这样,不但使荫罩极易受热变形,并且有 X 射线产生。

(2) 需要在管颈内安装三支电子枪,因此玻管长而颈较粗。

(3) 三个电子枪与管轴成斜角,因此,使三种颜色所形成的光栅畸变不同,必须采取复杂的会聚电路使三幅图象重合,为此在电视接收机上设有调整旋钮 16 个之多,增加了调整的复杂性。因此,世界上各国都对此作了改进,出现许多新型的彩色显象管,并已开始生产。

(二) 栅网型单枪三束显象管

1968 年 4 月日本索尼公司制成了一种所谓“Trinitron”的新型彩色显象管,并在 1968 年底开始供应。这种管子在亮度分辨率和对比度方面都有所提高。到 1971 年为止,日本索尼公司已制造了 150 多万台装有这种彩色显象管的电视机,销售面除日本外,尚有美国、加拿大、英国及法国等国家。根据索尼公司的报道,这种管子的优点比较多,但实际上并不如宣传所称的那样完美。对于这种管子的优点,各国虽有不同的看法,但有一点是肯定的,就是这种管子的会聚调节大大简化,只要加一个抛物线电压就可以。因此,它的调节电路只有六个旋钮,线路简单容易调节。当彩色电视机使用一段时间以后需要修理时,它的优越性就比较明显。这一点也是日本索尼公司能迅速在国际市场上发展的一个原因。

(三) 单枪三束管与三枪三束管的工作原理的比较

在任何彩色显象管中都需要三条电子束。为了照射三种荧光粉质点,荫罩管中由三个独立的电子枪供给三条电子束,每个枪都有它自己的阴极、控制栅和屏极或加速极,所以它称为三枪三束管。而单枪三束管中只有一个电子枪,但是它由一个电子枪发射了三条电子束,其结构如图 2 所示。

单枪三束管的每条电子束都来自单独的阴极,三个阴极在第一栅圆筒内侧排成一排。第一栅极、第二栅极、聚焦阳极等则是三条电子束共用的。即它只有一个电子光学系统,这样就大大地简化了显象管的线路。

单枪三束管的电子束在聚焦阳极组件内第一次交叉,主要是三条电子流都聚焦成细束,但其交叉点是固定的。在单枪三束管中具有独有的会聚板。会聚板的作用是由它所形成的静电场将三条电子束朝不同的方向弯曲,它们在栅网的缝隙内再次交叉,然后红、绿、蓝三条电子束分别照射到与它相应的荧光粉条纹上。

单枪三束彩色显象管的选色机构与三枪三束管不同。它不采用圆孔型的荫罩,而采用条形的栅网,并把荧光粉改成红、绿、蓝垂直细条,为此,屏幕改成圆柱形,电子束穿过长条形的栅网后再打到相应的荧光粉条上。图 3(a)表示出栅网、电子束及荧光粉条纹之间关系。电子束的宽度较缝隙宽得多,而栅网则完成选色工作。如图 3(b),笔直射向荧光屏的绿色电

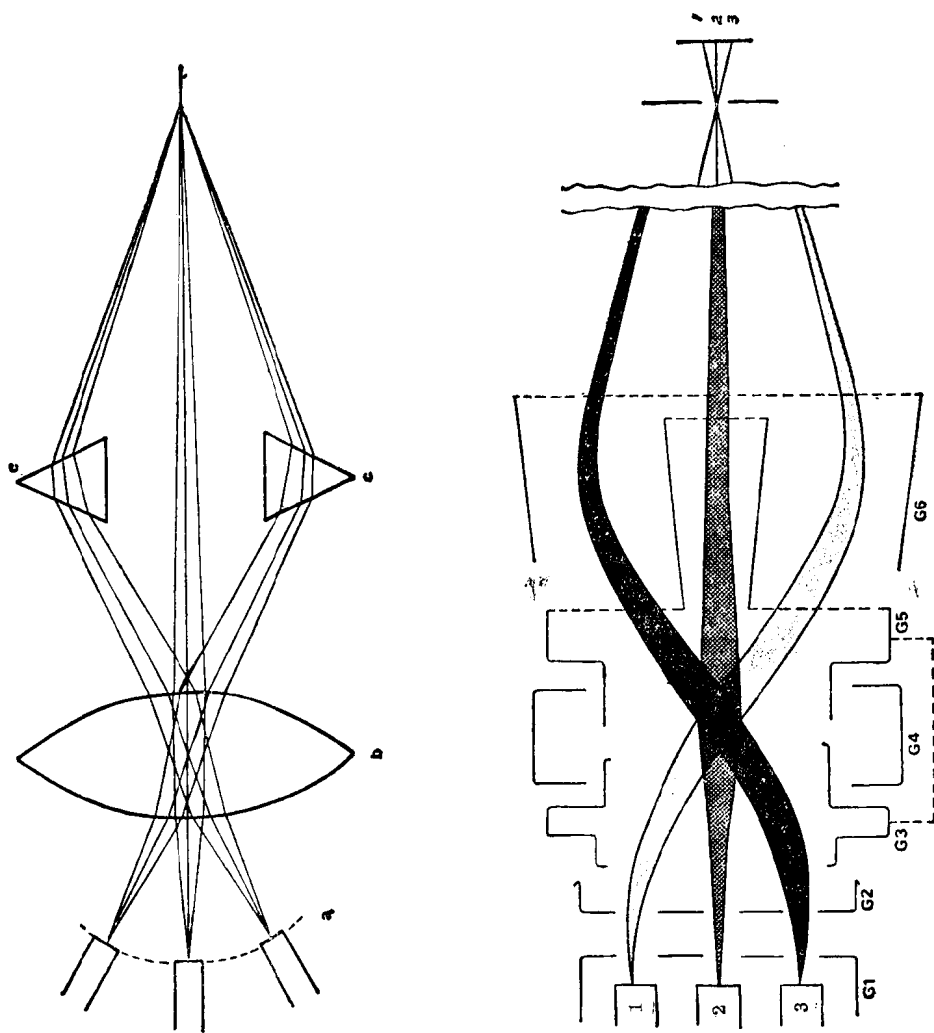


图2 18吋单枪三束管的光学系统(左图)和13吋管子的各电极(右图)
 a—阴极 b—电子透镜 c—偏转棱镜 1—蓝色阴极 2—绿色阴极 3—红色阴极 G_1 —第一栅极
 G_2 —第二栅极 G_3 —第一阳极 G_4 —聚焦阳极 G_5 —第二阳极 G_6 —会聚电极

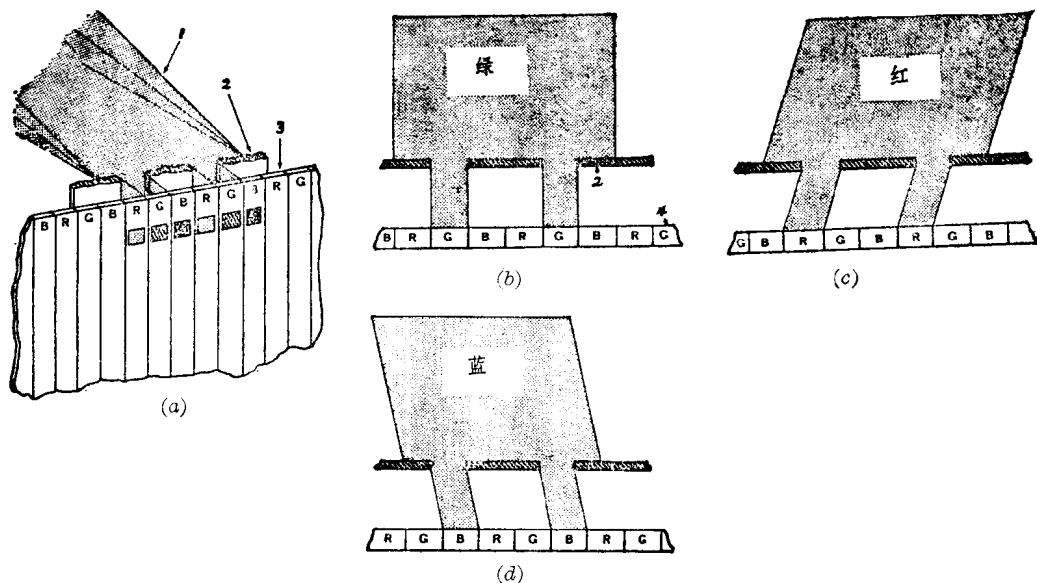


图3 栅网、电子束及荧光粉条纹之间的关系

1—电子束 2—栅网 3—荧光条 4—荧光体 R—红色荧光粉条
G—绿色荧光粉条 B—蓝色荧光粉条

子束完全垂直地打在网条和荧光粉上。栅网只让两条狭窄的电子流通过缝隙而使它只打到绿色荧光粉条纹上,其余的电子束都被栅网所遮蔽。

图3(c)中红色电子束也通过同一缝隙以一定的倾斜角度射入,以致它只能打到红色荧光粉的条纹上。图3(d)表示蓝色电子束以相反的一定角度射入,然后打到蓝色荧光粉条纹上。在三色电子束击中荧光粉的机构中,由于单枪三束管采用条状荧光粉,因此和三枪三束管的圆点状荧光粉不同,它可以允许电子束落点有上下误差,将垂直会聚校正加到扫描部分内,而不需要特别加以调整。

归纳起来,单枪三束管具有下列优点:

- (1) 红、绿、蓝三条电子束的阴极是直列式排列,所以会聚调整比较方便。
- (2) 三个电子束共用一个透镜,所以透镜的有效直径比三枪式大2.2倍,更比直列式的大,这种透镜象差小,聚焦度深,分辨力高。
- (3) 栅网的开孔率较荫罩为高,因此电子束透过率较荫罩板高30%,所以图象亮度和清晰度都比较高。
- (4) 会聚调整不受地球磁场影响。

虽然单枪三束管具有以上的优点,但是由于其结构上的特殊,亦带来一定的缺点,主要是栅网。在单枪三束管中的栅网由细金属条所构成,因此整个栅网选色机构的强度比荫罩要差得多,以致对栅网和框架材料强度的要求比荫罩要高得多。在这种管子中所涉及的材料问题要比三枪三束管的更为复杂,要求更为严格。由于框架金属材料重量的增加相应使管内气源增加,以致对阴极、消气剂等要求更为严格。它的使用寿命根据日本日立的报道认为要比三枪三束管为短。只有在高性能材料和严格的工艺前提下才能生产出合乎性能要求的单枪三束管。

三、彩色显象管中的金属材料

显象管的质量除了与结构设计、制造工艺有关外,在很大程度上还取决于管子选用的材料。例如,管子的寿命就与发射电子的阴极材料有关;图象的色彩质量也与萤光粉的性能有密切关系。因此,一旦当显象管的结构确定后,首先遇到的一个重要问题就是材料的选择。彩色显象管中的零部件大部份是用金属制成的。如 18 吋单枪三束管中的金属件按零件计就占有 90% 以上。这些零件根据在管内担任的不同职能,对材料都有各自的物理、化学或力学等性能要求。国内外彩色显象管采用的金属材料类型,按我国习惯分类,一般属于精密合金(磁性、弹性、膨胀合金和热双金属)、特殊钢(不锈钢、低合金钢等)、碳钢,还有一些不易归类的材料如阴极材料、支撑材料、消气剂等。为了强调这些材料所处的工作条件的特殊性,在国外往往把它们归入电真空材料,或更广义的称为电子材料。

对于各种电真空材料,除了一些特定的性能要求外,在不同程度上还有一个共同的要求,即必须具有良好的真空性能。具体说,要求它们含气量低(包括材质内部的或吸附于表面的气体,固溶于材料中的和化合物分解时放出的气体),尤其是对氧化物阴极特别有害的卤素、氧、二氧化碳等。例如,日本住友特殊金属公司对其生产的阳极材料的放气特性作了如下的规定(表 1):

表 1 住友特殊金属生产的阳极材料放气特性

材 料	放气总量 $\mu\text{L}/100\text{g}$	气 体 含 量 (体 积 百 分 比)		
		CO_2	CO	H_2
Ni	2~3	5	25	70
复合 Al-Fe-Al	3~5	5	10	85
复合 Ni-Fe-Al	3~5	5	15	80
纯 Fe	10~15	10	60	30

对彩色显象管内金属材料的气体含量之所以有一定的要求,是因为管内的工作环境—— $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 的高真空度和高能电子束的轰击——使材料中的气体易于逸出。从国外对大量彩色显象管内残留气体分析结果知道,这些气体主要是由 CO 、 CO_2 、 N_2 、 Ar 、 H_2O 、 CH_4 等组成。它们将与阴极中间层中过剩的钡不断发生作用,改变了钡的浓度,使中间层电阻增加或电子逸出功提高,结果恶化了电子发射能力,缩短了管子寿命。国外对电真空器件中的残留气体非常重视,自 1960 年到 1972 年已先后召开了四次国际性的学术会议,着重讨论了残留气体对管子寿命的影响,各种消气技术以及测定残留气体分压的测试技术等方面的问题。

为了使金属材料获得良好的真空性能,国外一般都采用真空熔炼的方法。但是这并不是消除气源的唯一手段。实践证明,金属零件在加工过程中仅仅由于表面油污清洗不良造

表 2 不同预处理条件对材料放气性能的影响

预 处 理 条 件	总放气量	H ₂	H ₂ O	CO+N ₂	CO ₂
仅除油	3000	1050	340	2300	570
氢退火, 干贮存	270	50	15	45	50
氢退火, 经手接触	6000	1800	348	—	1400
氢退火, 经手接触, 再去油	590	220	15	110	70
氢退火, 经橡皮手套接触	800	300	250	300	110
氢退火, 经干纱手套接触	1150	550	60	800	200
空气退火	1100	62	110	—	380
酸洗	290	120	—	—	55

注: 单位是任意的, 数据仅供相互比较之用。

成的放气量完全有可能抵消真空熔炼带来的优越性。对镍所作试验得到的结果证明, 不同预处理条件对材料的放气性能影响极大(表 2)。例如, 经过氢退火的零件用手直接接触, 就会使放气量增多 20 倍以上。

在这里我们特别强调电真空材料(包括金属和非金属)的这一共性——真空性能, 是由于它是影响管子寿命的一个重要因素, 而寿命是彩色显象管所面临的一个主要问题, 这就要求我们在材料生产和制管过程中都应采取相应的措施, 使管内零部件的最终放气量降低到最低限度。

下面将以彩色显象管中的金属材料按零部件分别予以叙述。

(一) 荫罩和栅网

彩色显象管与黑白管在结构上一个重要的区别, 在于彩色管中封有荫罩或栅网。荫罩或栅网是由网板、框架和焊在框架上的一些定位弹簧片组成。将网板绷焊在框架的角钢上就成为栅网整体。

1. 网板

网板在彩色显象管中起着重要的选色作用。在装配好的管子中网板位于萤光屏后。工作时, 三根电子束连续地扫过网板, 并通过网板上的孔或缝隙分别打到萤光屏上相应的红、绿、蓝三色萤光粉上。此外, 在涂屏时, 事实上网板就成为涂复萤光粉的母板, 屏上涂复的三色萤光粉完全取决于网板孔或缝隙的形状、尺寸等因素。因此, 网板的质量将直接关系到萤光屏上的图象质量。

在三枪三束管中网板是由许多小圆孔的薄钢板制成, 而单枪三束管是由许多条状缝隙组成, 两者相比, 后者加工工艺复杂, 对材料要求高。

网板是由光刻腐蚀方法制成的: 把 0.10~0.13 毫米厚的钢板去油清洗, 涂感光胶, 干燥, 经曝光晒板, 显影, 修版, 化学腐蚀成荫罩板或栅网板, 最后去胶, 黑化。对于 18 吋彩色管网板, 其有效缝隙达四百六十余条。三枪三束荫罩孔为 30 万~40 万个。

五十年代早期美国 RCA 公司曾用铜镍合金 (95%Cu, 5%Ni 或 30%Cu, 70%Ni) 制造三枪三束管的荫罩板。但目前国外大多采用纯铁或低碳钢。例如, 日本的日立和东芝两公司用日本东洋钢板公司的 FE-T 纯铁做荫罩板。FE-T 牌号有两种化学成份(表 3): 日立采用含碳量稍高的一种; 东芝采用的含碳量较低。

表 3

	C	Mn	P	S	Si	Al	Cu	Fe
日立用	≤0.1	0.25~0.45	≤0.03	≤0.025	≤0.1	≤0.005	≤0.1	余
东芝用	≤0.03	0.25~0.45	≤0.03	≤0.025	≤0.1	≤0.005	≤0.1	余

这两种钢板都不允许有渗碳体存在。它们的机械性能规定如下:

(1) $\sigma_b = 65 \sim 95$ 公斤/毫米²

(2) $\delta \leq 3\%$

(3) 显微维氏硬度 170~260。

此外,对晶粒度、夹杂含量、尺寸公差、外观质量和验收方法等等都有一整套规定。索尼公司单枪三束管中的网板材料也是由日本东洋钢板公司供应。

国内目前选用的作为栅网板的一种钢号是 08 铝钢。其某一炉号的化学成份为: (%)

Co	Si	Mn	S	P	Al	Fe
0.1	0.02	0.39	0.034	0.022	0.06	余

08 铝钢锭热轧成 2.5×420 毫米带坯,再冷轧加工成 0.12~0.13 毫米厚钢带。这类材料已发现的问题有下列几方面:

(1) 强度不够高,平均在 60 公斤/毫米² 左右,以致当网板绷紧在框架上时,网条拉断,延伸率较大,在 5% 以上,使管子在用过一段时间以后,网条伸长,电视机稍受振动,网条抖动,影响图象质量。

(2) 钢带的平整度和尺寸公差还不能满足制网工艺要求。

(3) 材料的收得率极低

网板是当前彩色显象管中的一个重要部件,提高网板的质量必须提高强度,降低延伸率,改善光刻腐蚀性能及降低放气量。

彩色显象管的网板在管子中暴露面积大,而且工作时它的高真空下直接受到高能(2 万电子伏特以上)电子的轰击,如果材料本身含气较多,很易逸出,势必将成为一个很大的气源,危害阴极,而使管子寿命降低。为解决栅网板的放气问题的一个有效措施,是采用真空熔炼来生产低含气量的钢材,真空钢不但具有低的含气量,还具有优越的机械性能。以下是一种低合金真空钢的成分: (%)

C	Mn	S	P	Si	Al	Nb	[O]	[N]
0.03	0.14	0.009	0.003	0.17	<0.01	0.08	0.0013	0.0013

钢锭双真空熔炼后经过锻造,热轧开坯,最后冷轧成 0.1 毫米厚的薄带。国外生产的另一种栅网材料的成分为: (%)

C	Mn	S	P	Cu	Ni	Cr	Al	Co	Nb	Si	V	Ti	RE	[N]
0.09	0.38	痕迹	0.008	0.03	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	<0.003	<0.003	<0.003	痕迹	0.006

表 4 是低合金真空钢,国外栅网材料和铝钢的性能比较。

由表 4 可知,真空熔炼法所生产的栅网钢带性能优良。强度最高,延伸率低,而且在退火前后都不起变化,放气量只有 08 铝钢的 1/24 (表中放气量为冷轧状态数据),真空钢的金相显微组织无珠光体存在,夹杂极少(不到半级),晶粒呈短的纤维状。除放气量外,国外对改善荫罩和栅网的网板光刻性能方面亦进行了大量工作,并证明,影响荫罩或栅网网板成品精度的因素除腐蚀条件,如腐蚀液的选择,腐蚀液温度和浓度以外主要是钢材本身的化学成

表 4

材 料	试样状态	取样方向	抗张强度 (公斤/毫米 ²)	延伸率(%)	放气量(毫升/100克) (760Z)
真空钢	冷 轧	纵 向	104	3	2.5
	400°C 退火 1 小时		84	3	
08 铝钢	冷 轧	纵 向	~60	>5	60
国外网板钢 (日本)	冷 轧	纵 向	78~81.5	2.8~3	4.0
		横 向	88	2~3	

分,不同化学成分对光刻性能有不同效果。光刻性能一般用腐蚀系数来表示,在一定的腐蚀条件下,金属材料的腐蚀系数愈大表示它的光刻性能愈优良,亦就是荫罩和栅网网板上光刻出来的孔或条的精度愈高,所谓腐蚀系数是以下列方式来表示

$$\text{腐蚀系数} = \frac{2D}{S - S_0}$$

式中 S_0 表示感光膜成象宽度,亦就是腐蚀前暴露部分的宽度, S 表示腐蚀后凹进部位的宽度, D 表示凹进部位深度, a 表示腐蚀液腐蚀的方向,见图 4。

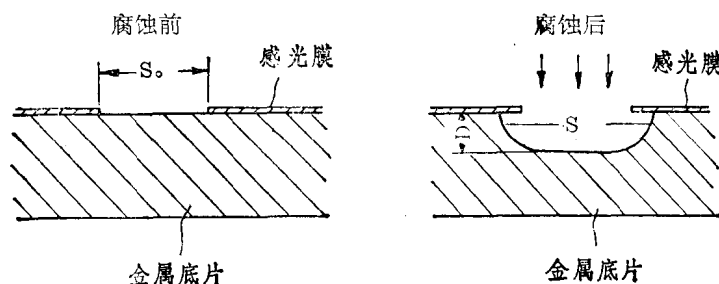


图 4 腐蚀系数的表示

1—被腐蚀材料 2—感光膜

用光刻法制造荫罩或栅网网板时对它所使用钢材的要求主要有以下几点:

(1) 由于荫罩或栅网网板需要用很薄的钢板来制造,因此要求钢材具有良好的压延性能以便轧成薄带。

(2) 光刻时需要将照相底片紧密地复在钢片上,这样就要求非常平直,没有波纹,并且厚度公差要小,以保证获得精确尺寸的成品。

(3) 钢板表层夹杂物要少,同时也不允许有表面缺陷及其他妨碍腐蚀的因素。

(4) 因为采用光刻来加工,因此,希望钢板的光刻性能好,亦就是要求钢板的腐蚀系数高。

从上述四点出发来考虑,彩色显象管的网板大多选用 0.05~0.1% 碳范围内的沸腾钢或半镇静钢,它可以满足上述条件中的 1, 2, 3 项,但对第 4 项光刻性能方面还不够理想,过去在网板制造方面对光刻方法曾作了大量研究工作,并取得了巨大进展,但是对被用作光刻的钢材却很少进行过有关化学成分对它光刻性能改进的工作。

随着彩色显象管生产量的迅速增加和质量的不断提高,钢板的光刻性能开始逐渐受到重视,日本在这方面进行了系统的研究,并试制出一些专门适合于光刻的钢板用以制造荫罩和栅网的网板。

钢中各种元素对光刻性能的影响,根据日本进行试验的结果认为在普碳钢 (0.1~

1.0%C)中硅、锰、硫对光刻不利,容易产生毛边,微量的钒、钴、钛、铅、铝、铬、钼、镍、铜、氮、铍对钢的光刻性能没有影响,砷、锑、铋略有轻微影响,而碳、磷、硼可以显著地改善光刻性能,有关碳、磷、硼对荫罩用钢光刻性能的影响分别介绍如下:

1) 碳对光刻性能的影响

提高荫罩用钢板的含碳量,超过日本及美国荫罩用钢标准中含碳量的上限,由于碳的提高,腐蚀系数显著增加,光刻速度提高5~40%,并且消除以往荫罩用钢板中腐蚀边界喇叭口而可以用光刻法获得非常清晰的孔或条,以下是不同含碳量试验实例,在试验用的板上面用感光法,形成宽度为0.05的细线条,然后进行光刻,测定腐蚀系数,试验所用腐蚀液是比重为波美49°的氯化亚铁水溶液,腐蚀温度19°C,光刻时间20分钟,腐蚀后用显微镜观察光刻后的光刻境界形状,根据光刻前后细条的宽度 S 及 S_0 来求出腐蚀系数,图5是用这种试验方法所求得的含碳量与腐蚀系数关系曲线。

图5表明腐蚀系数随含碳量的增加而显著增加,特别在0.3%碳以下急速地增加,当含碳量达到0.5%后形成饱和,腐蚀系数的增加就很缓慢,图6中B、C表示表中0.07%碳钢(标准荫罩用钢板)与0.36%碳钢的光刻境界比较,同一图中A表示光刻前细线条形状,经光刻后0.07%碳钢线条的边缘部呈不规则的锯齿状,0.36%碳钢边缘非常清晰,根据照片可看出含碳量的影响十分明显,除光刻线条边缘改善以外,光刻深度也有大幅度提高,经20分钟光刻后测定的光刻深度0.07%碳钢是0.035毫米,0.36%碳钢是0.05毫米,两者相比,0.36%碳钢比0.07%碳钢光刻速度提高43%。如果将0.36%碳钢按荫罩光刻时所采用的双面法进行光刻,那么成孔速度的提高比43%还要多,这一点对于缩短荫罩加工时间,节约腐蚀液有很大贡献。必须指出,光刻速度与腐蚀速度的概念完全不相同,所谓腐蚀速度是指单位时间内宽度及深度上各方向总的金属腐蚀量,而光刻速度是指单位时间内沿深度方向进行的速度,根据这一概念0.07%碳钢与0.36%碳钢被腐蚀的全重量几乎没有差别,亦即腐蚀速度基本相等,但是光刻速度、即沿深度方向光刻的深度完全不同,光刻速度在一般情况下与腐蚀系数的关系是一致的,如果两者的值都大,则可以说这种材料适宜于光刻加工。以下是利用含碳量较高钢板制造荫罩的一个实例。

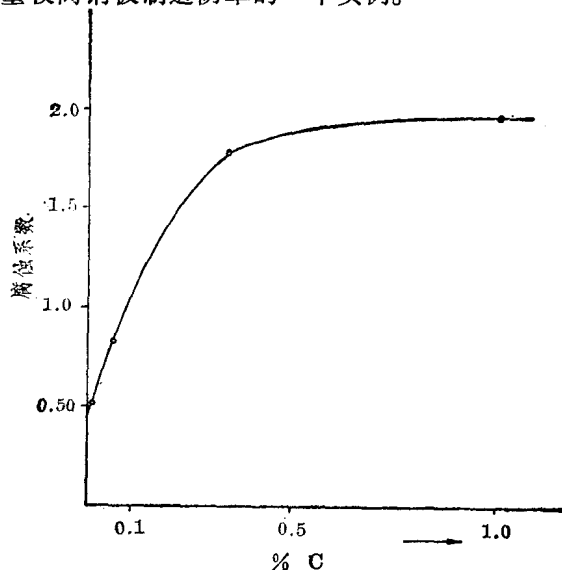


图5 含碳量与腐蚀系数的关系

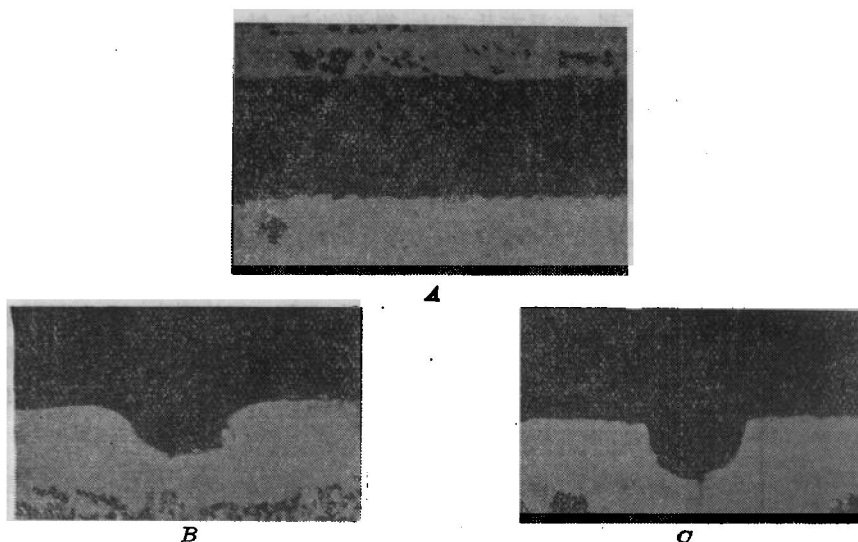


图6 0.07% 碳钢与 0.36% 碳钢光刻境界比较

钢板化学成份	C	0.18	Si	0.2	Mn	0.2	P	0.02
	S	0.02						

钢锭在 1200~900°C 温度下热轧成带钢, 然后进行冷轧, 冷轧中间进行一次退火 (700°C 2 小时), 再冷轧到 0.1 毫米薄板。将上述薄板用以制造荫罩, 用感光法形成的小圆点在薄板一方直径为 0.07 毫米, 而在另一方为 0.15 毫米。用喷射法进行光刻, 光刻液为波美 45° 的氯化亚铁水溶液, 温度为 60°C, 为进行比较用下列成分的标准荫罩用钢板在相同条件下进行对比

C	0.05	Si	0.04	Mn	0.2	P	0.02	S	0.02
---	------	----	------	----	-----	---	------	---	------

两种钢板结果如下:

(1) 成孔所需时间

0.05% C 标准荫罩钢板	150 秒
0.18% C 钢板	120 秒

(2) 孔的形状

图 7 是孔断面形状比较图, 0.18% 碳钢所光刻的孔周围及边缘部分光刻锋利没有喇叭口, 而标准荫罩钢板则有明显的喇叭口。

2) 磷对光刻性能的影响

提高磷的含量可以改善光刻性能, 当低碳钢中含磷量从 0.08% 开始增加时腐蚀系数相应增加, 但含磷量不能提得过高, 否则钢板难以加工。表 5 表示含磷量不同的两种钢板 (A

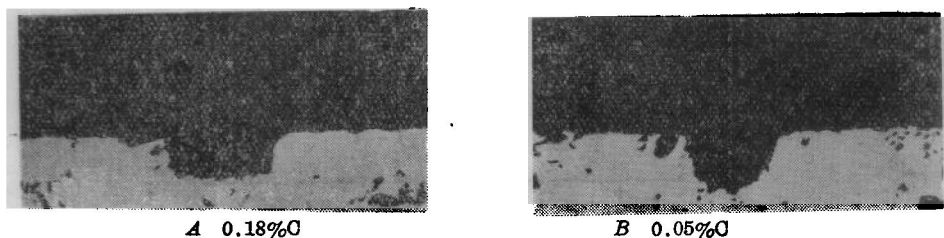


图7 0.18%C 与 0.05%C 光刻后境界比较

表5 含磷量与腐蚀系数比较

钢 材	C	Si	Mn	P	S	腐蚀系数	光刻深度
A	0.07	0.01	0.35	0.021	0.02	2.2	0.055 毫米
B	0.07	0.01	0.35	0.536	0.02	3.0	0.062 毫米

及B),通过光刻法在钢板表面上光刻0.05毫米宽细线条所得结果,光刻时采用比重为波美45°及温度为60°C的氯化亚铁水溶液,并用喷射方法进行光刻,光刻时间二分钟,根据光刻前后用显微镜测得的线条尺寸标出腐蚀系数。

根据表5中数据清楚地表明,提高钢中含磷量,有利于改善光刻性能。

3) 硼对光刻性能的影响

硼对改善低碳钢的光刻性能有显著的效果,在钢中添加0.002~0.02%的硼可以使腐蚀系数提高40%,由于添加微量的硼就能够得到很大效果,并且对加工性能,强度等不仅没有恶化,相反有所提高,所以用于制造荫罩可以具有许多优点,以下是硼与光刻性能之间关系。

表6 硼钢的化学成分

	C	Si	Mn	P	S	B	光刻深度
①	0.020	0.02	0.30	0.02	0.02	0.000	0.035
②	0.025	0.03	0.35	0.02	0.02	0.006	
③	0.019	0.03	0.30	0.02	0.02	0.011	0.043
④	0.023	0.03	0.29	0.02	0.02	0.022	

使用表6中含硼量不同的四种钢板,通过照相感光法在钢板上形成宽为0.05毫米的细线条,然后在比重为波美40°氯化亚铁水溶液中腐蚀,温度为19°C,时间20分,用与前述相同方法测定腐蚀系数,测定所得的钢中含硼量对腐蚀系数的关系见图8。

硼与腐蚀系数间关系可用下式表示

$$\text{腐蚀系数} = 0.83 + 25.4(B\%)$$

图9表示添加硼对光刻境界形状影响照片,从图中可见添加0.011%硼,已可使光刻境界边缘非常光滑均匀,因此,可见加硼的效果是很明显的。

钢的组织变化对光刻性能稍有影响,一般来说要求晶粒度细,碳化物微细并分布均匀,避免粗大的渗碳体组织,同时钢带有残余加工应力有利于光刻,如果进行应力退火对光刻性能略有不利影响。

光刻性能对荫罩用钢板的表面状态有明显的影晌,用光刻法制造荫罩网板时必须在钢板上涂一片感光薄膜,并且这层膜必须具有十分耐腐蚀的附着力,如果钢板表面光洁度低,就会使感光膜不能十分紧密地与钢板复合而残留空隙,腐蚀过程中氯化铁溶液就会渗入空隙,从而使感光膜剥落,破坏光刻形状,但是要轧制表面光洁度其凹凸面相差在 5μ 以内的高精度钢板,不但使成本增高,并且废品率很高,为解决这一问题的一种方法是将表面光洁度较低($10\sim 20\mu$)钢板在涂感光膜前先进行一次预处理,以提高钢板表面的附着性,预处理在日本一般采用酸浸法(例如0.5~5%硝酸溶液),将钢板酸浸后再用金属丝刷轮刷除酸洗过程