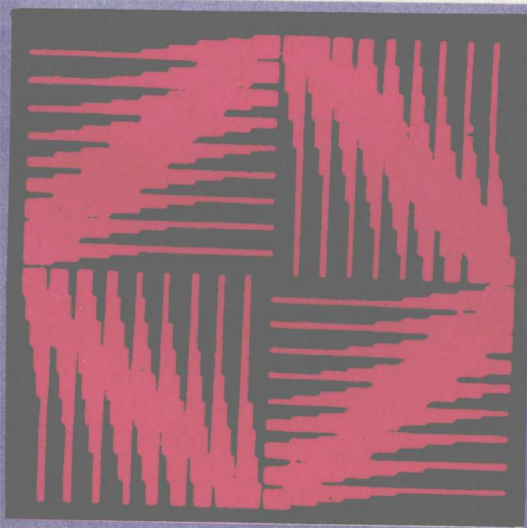


● 电子工业工人技术等级培训教材
● (电子元件专业)

固定电阻器

● 卜寿彭 编著



电子工业出版社

(京)新登字055号

内 容 提 要

本书主要介绍固电阻器的材料、特性及制造技术，全书共分十二章。第一至四章概述了固定电阻器的基本要求、基本特性和测试方法；薄膜电阻器的通用工艺技术；真空镀膜技术及电阻薄膜的形成和导电机理。第五至十二章按电阻器大类分别介绍金属电阻器、金属氧化膜电阻器、碳膜电阻器、线绕电阻器、精密金属箔电阻器和金属玻璃釉电阻器共八种类型的特点、主要材料、结构、制造工艺和装置，以及质量分析等。

本书主要读者对象是电子行业初级、中级、高级技术工人学习用，也可供从事有关专业的工程技术人员参考。

电子工业工人技术等级培训教材

固定电阻器

卜寿彭 主编

陈耀祖 主审

责任编辑：和德林

*

电子工业出版社 出版

北京市海淀区万寿路173信箱 (100036)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京顺新印刷厂印刷

*

开本：787·1092毫米1/32 印张：13.625 字数：309千字

1995年4月第一版 1995年4月北京第一次印刷

印数：1500 定价：18.00元

ISBN7-5053-2690-2/TN·790

前 言

本教材系按电子工业部工科电子类专业教材1991~1995年编审出版规划，由电子行业技术工人培训教材编审委员会电子元件专业编审小组征稿并推荐出版。

本书主要介绍固定电阻器的材料、特性及制造技术，共分十二章。第一章是概述，介绍电阻器的基本要求，分类和型号，额定功耗和标称阻值系列。第二章介绍电阻器的基本特性及其测试，涉及电阻器的阻值、额定功耗、高频性能，温度特性、电压特性和噪声等特性的定义和测试方法。也论及电阻器的脉冲负荷和可靠性。第三章叙述薄膜电阻器的通用工艺。第四章介绍薄膜电阻器制造过程中遇到的共同关键技术——真空镀膜技术，以及薄膜的形成、结构及导电机理。第五章至第十二章，每章介绍一种大类电阻器的特点、主要材料及结构、电阻体的制造工艺和装置以及质量分析等。共介绍了金属电阻器、金属氧化膜电阻器、碳膜电阻器、线绕电阻器、精密金属箔电阻器、有机合成实芯电阻器、有机合成膜电阻器和金属玻璃釉电阻器共八种。

本教材是供初级工、中级工、高级工学习用书。内容有浅有深。为了全书的系统性，编写时难以把浅的和深的截然分开。在教学时教师应针对学员的实际需要和工级，适当选择书中内容，以达到因材施教，循序渐进之目的。

编写固定电阻器主要参考了1984年出版的《电阻器与电位器》、天津大学编写的《电阻器》和《电子工业生产技术手册》第一分册，并参照了我国最新技术条件和国际电工委员会的有关新规范。这里表示诚挚的感谢。

本书由七一八厂卜寿彭总工程师编写，陈耀祖总工程师主审。由于电子工艺技术不断发展及编写时间仓促，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

1994年

出版说明

为了适应电子科学技术飞速发展，提高电子工业技术工人素质，劳动部与原机械电子工业部于一九九三年二月颁发了《电子工业工人技术等级标准》。根据新标准，电子工业部组织有关省市电子工业主管部门和企事业单位有关人员成立了“电子整机专业”，“家用电子产品维修专业”，“真空电子器件、接插件、继电器、绝缘介质专业”，“半导体器件及集成电路专业”，“计算机专业”，“磁性材料、电池专业”，“电子元件专业”共七个工作人员技术等级培训教材编审委员会。制定了19个专业、311个工种的教学计划、教学大纲。并根据计划大纲的要求，制定了1993~1995年培训教材编审出版规划。列入规划的教材78种和相应的教学录像带若干种。

这套教材的编写是按“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的要求，以文化课为专业课服务，专业课为提高工人实际操作和分析解决生产实际问题的能力服务为原则。教材既注重了电子工业技术工人要有一定专业理论知识的要求，又克服了以往工人培训教材片面强调理论的倾向，保证了必要的知识传授，又强调了技能培训和决定生产实际问题能力的培养。

这套教材在认真研究了311个工种的共性基础知识要求的基础上，编写了八种统编教材，供311个工种工人进行基础知识培训时选用，并以19个专业为基础，根据每个专业共性的专业知识、专业技能编写了70种教材供311个工种工人进行专业知识、专业技能培训时使用。

每种教材在反映初、中、高三级技术工人培训的不同要求的基础上，注意了基础知识、专业知识、专业技能培训的系统性。因此，多数教材是初、中、高三级合在一起的，更好地体现由浅入深、由低到高的教学规律。

在教材编写上，针对工人培训的特点，突出教材的实用性、针对性，力求文字简练、通俗易懂。内容上紧密结合教学大纲要求，在讲授理论知识的同时还注意了对生产工艺和操作技能的要求，使教师易于施教，工人便于理解和操作。知识性强的教材，每章后配有练习题和思考题，以便巩固应掌握的知识。技能性强的教材，配有适当的技能训练课目，以便提高工人操作技能。在有关工艺和设备的教材中，主要介绍了通用性较强的内容和典型产品、设备，对于使用这类教材的工厂企业，由于各自的产品、设备不同可酌情自编相应的补充讲义与教材结合起来进行培训。另外，为适应技术发展、工艺改革，设备更新的需要，这套教材在编写中还注意了新技术、新工艺、新设备及其发展趋势，以拓宽工人的知识面。

参加这套教材编审工作的有北京、天津、上海、江苏、陕西五省市电子工业主管部门和河北、河南、山东、山西、辽宁、江西、四川、广东、湖南、湖北等十个省市的有关单位的专家、教师、技术人员等。在此谨向为此付出艰辛劳动的全体编审人员和各地、各单位支持这项工作的领导表示衷心感谢。

由于电子工业的迅速发展，这套教材的涉及面广、实用性强，加之编写时间仓促，教材中肯定有不妥之处，恳请使用单位提出宝贵意见，以便进一步修订，使之更加完善。

电子工业部

1993年7月

目 录

第一章 电阻器概述	(1)
第一节 电阻器的发展史	(1)
第二节 电阻器的基本要求	(4)
一、精度和稳定性	(4)
二、耐恶劣环境的能力	(4)
三、可靠性	(6)
四、性能参数	(6)
五、小型化	(6)
第三节 电阻器的分类与型号	(6)
一、按电阻体的材料分类	(7)
二、按电阻器的用途分类	(7)
三、电阻器的型号命名	(8)
第四节 额定功耗和标称阻值系列	(10)
思考题	(15)
第二章 电阻器的基本特性及其测试	(16)
第一节 电阻器的电阻值	(16)
一、阻值单位	(16)
二、电阻率与膜电阻	(16)
三、阻值计算	(19)
四、阻值测试	(27)
第二节 电阻器的等效电路与高频性能	(34)
一、直流等效电路	(35)
二、交流等效电路	(36)
三、集肤效应及介质损耗的影响	(41)
四、电阻器高频特性的测试方法	(42)

第三节 电阻器的温度特性	(47)
一、电阻器材料和结构对阻值温度特性的影响.....	(47)
二、平均电阻温度系数与二次电阻温度系数.....	(49)
第四节 电阻器的电压特性	(52)
一、电阻器非线性产生的原因.....	(53)
二、电压系数.....	(54)
三、非线性的三次谐波表征.....	(55)
四、三次谐波衰减 A_3 的测试.....	(57)
第五节 电阻器的噪声特性	(60)
一、热噪声.....	(60)
二、电流噪声.....	(62)
三、电流噪声指标.....	(64)
四、电流噪声的测试.....	(65)
第六节 电阻器的负荷功率	(68)
一、电阻器的热平衡.....	(68)
二、散热系数.....	(72)
三、电阻体的不均匀发热.....	(74)
第七节 电压限制和电流限制	(76)
一、额定电压与极限电压.....	(76)
二、电阻器电压的限制因素.....	(76)
三、电阻器的电流限制.....	(79)
第八节 电阻器的脉冲负荷	(80)
一、脉冲负荷的特征.....	(80)
二、脉冲负荷下的热状态.....	(82)
三、脉冲负荷对薄膜电阻器的影响.....	(84)
四、电阻器的脉冲负荷工作条件.....	(86)
第九节 老化与机械性能	(87)
一、电阻器的老化因素.....	(87)
二、气候环境的影响.....	(91)

三、电负荷下的老化·····	(92)
四、电阻器的机械性能·····	(93)
第十节 可靠性与寿命·····	(94)
一、可靠性问题·····	(94)
二、技术性能与可靠性·····	(94)
三、可靠性的基本概念·····	(95)
四、提高可靠性的一些措施·····	(101)
思考题·····	(101)
第三章 薄膜电阻器的通用工艺技术·····	(103)
第一节 基体预处理·····	(104)
一、对基体的要求·····	(104)
二、清洗·····	(107)
三、腐蚀·····	(108)
四、机械抛磨(水抛磨和砂抛磨)处理·····	(109)
五、煅烧·····	(109)
第二节 加帽·····	(111)
第三节 初阻值预分·····	(114)
第四节 阻值调整·····	(115)
一、砂磨表面法·····	(116)
二、刻槽法·····	(116)
第五节 帽盖与引线焊接·····	(124)
一、电容式储能对焊机的工作原理·····	(124)
二、储能对焊机的优点·····	(125)
三、焊接设备·····	(126)
四、影响焊接质量的因素·····	(129)
五、焊接质量要求·····	(130)
第六节 老练·····	(131)
一、老练的目的·····	(131)

二、老练的方式和分类	(131)
三、脉冲老练	(131)
第七节 表面涂覆	(136)
一、表面涂覆的目的	(136)
二、材料	(137)
三、涂漆工艺	(138)
四、漆层质量要求	(140)
第八节 成品测量	(140)
第九节 标志	(141)
一、标志内容	(141)
二、标志方法	(142)
第十节 包装	(145)
思考题	(146)
第四章 真空镀膜技术及电阻薄膜机理	(148)
第一节 真空获得方法	(148)
一、真空的量度	(148)
二、获得真空的几种方法	(149)
第二节 真空的测量	(153)
一、热偶真空计	(153)
二、电离真空计	(153)
第三节 蒸发的基本原理	(155)
一、物质的聚集态	(155)
二、金属的蒸汽压	(156)
三、材料的蒸发速率	(158)
四、合金蒸发	(160)
第四节 几种蒸发装置	(160)
一、按基体放置方法分	(162)
二、按蒸发源加热方法分	(164)

第五节 阴极溅射的基本原理	(166)
一、辉光放电.....	(167)
二、溅射的原理.....	(170)
三、合金溅射.....	(171)
四、影响溅射的因素.....	(171)
第六节 几种常用溅射技术	(173)
一、反应溅射.....	(173)
二、高频溅射.....	(174)
三、磁控溅射.....	(177)
第七节 薄膜的形成、结构及导电机理	(181)
一、薄膜的沉积过程.....	(181)
二、薄膜结构.....	(184)
三、金属薄膜的导电机理.....	(185)
思考题	(189)
第五章 金属膜电阻器	(190)
第一节 金属膜电阻器的特点	(190)
第二节 金属膜电阻器的一般结构及其 主要参数	(191)
一、RJ型金属膜电阻器.....	(192)
二、RJ—14、RJ—15、RJ—24、RJ—25 型金属膜电阻器.....	(196)
三、RJ—9型化学沉积膜电阻器.....	(197)
四、不燃性熔断金属膜电阻器.....	(199)
五、RJK型金属膜电阻器.....	(201)
第三节 制备金属膜工艺	(205)
一、真空沉积金属膜.....	(205)
二、化学沉积金属膜.....	(217)
三、金属膜的热处理.....	(221)
思考题	(223)

第六章 金属氧化膜电阻器	(225)
第一节 金属氧化膜电阻器的特点	(225)
第二节 金属氧化膜电阻器的结构和种类	(226)
(一) 小功率(高比负荷)电阻器.....	(226)
(二) 中、大功率电阻器.....	(229)
(三) 高功率电阻器.....	(231)
第三节 制备金属氧化膜工艺	(233)
(一) 化学反应制备金属氧化膜.....	(233)
(二) 磁控溅射制备金属氧化膜.....	(243)
第四节 电阻器其它制造工艺	(244)
思考题	(245)
第七章 碳膜电阻器	(246)
第一节 碳膜电阻器的特点	(246)
第二节 碳膜电阻器的一般结构及性能	(246)
第三节 碳膜电阻器的制造工艺	(250)
(一) 被膜设备.....	(252)
(二) 被膜工艺.....	(254)
(三) 被膜条件对膜层质量的影响.....	(256)
(四) 膜层的结构及电性能.....	(258)
思考题	(263)
第八章 线绕电阻器	(264)
第一节 线绕电阻器的分类	(264)
第二节 线绕电阻器的结构及材料	(265)
(一) 线绕电阻的结构特点.....	(265)
(二) 线绕电阻器设计、制造时应考虑的几个问题.....	(266)
第三节 电阻合金及电阻合金线	(267)
(一) 电阻合金材料.....	(267)
(二) 电阻合金线.....	(272)

第四节 精密型线绕电阻器	(274)
一、精密型线绕电阻器的特点.....	(274)
二、精密型线绕电阻器工艺流程.....	(275)
三、影响精密线绕电阻器质量的工艺因素.....	(276)
第五节 功率型线绕电阻器	(280)
一、功率型线绕电阻器的特点.....	(280)
二、功率型线绕电阻器的工艺流程.....	(281)
三、影响功率型线绕电阻器的工艺因素.....	(281)
思考题	(286)
第九章 精密金属箔电阻器	(287)
第一节 金属箔电阻器的特点	(287)
第二节 分类和结构	(289)
第三节 控制电阻温度系数和阻值精度 的原理	(291)
一、电阻温度系数的补偿原理.....	(292)
二、电阻图形设计.....	(296)
第四节 制造工艺	(301)
一、箔材处理.....	(301)
二、基片清洗与对基片的特殊要求.....	(304)
三、贴箔.....	(305)
四、光刻.....	(305)
五、热老练.....	(308)
六、焊接引线.....	(308)
七、调阻.....	(310)
八、封装.....	(311)
九、电老练.....	(311)
十、电阻温度系数和电阻精度测量.....	(313)
第五节 生产技术的新发展	(313)
思考题	(314)

第十章 有机合成实芯电阻器	(315)
第一节 有机合成实芯电阻器的特点	(315)
第二节 有机合成物的结构及电性能	(316)
一、导电合成物的结构和等效电路.....	(316)
二、导电合成物的电阻率.....	(318)
三、导电合成物的电阻温度系数.....	(320)
四、导电合成物的电压系数和噪声.....	(321)
第三节 有机合成实芯电阻器的一般结构及性能	(321)
第四节 实芯电阻器的制造工艺	(323)
一、导电粉制备.....	(323)
二、绝缘粉制备.....	(331)
三、引线涂覆铅锡和成型.....	(333)
四、预压成型.....	(334)
五、塑压成型工艺.....	(338)
六、老炼.....	(339)
七、电阻值分类.....	(340)
八、涂色标.....	(340)
九、成品测量.....	(340)
思考题	(340)
第十一章 有机合成膜电阻器	(341)
第一节 高压合成膜电阻器	(341)
一、高压合成膜电阻器的一般结构和性能.....	(341)
二、材料及其技术要求.....	(342)
三、高压合成膜电阻器的制造工艺.....	(342)
第二节 真空兆欧合成膜电阻器	(348)
一、使用材料及其要求.....	(348)
二、真空兆欧合成膜电阻器的制造工艺.....	(350)

思考题	(352)
第十二章 金属玻璃釉电阻器	(353)
第一节 金属玻璃釉电阻器的特点和分类	(353)
第二节 金属玻璃釉的基本组成	(353)
一、导电相材料.....	(354)
二、玻璃相材料.....	(355)
三、导电相浓度对玻璃釉电阻性能的影响.....	(357)
四、电阻材料颗粒度对电阻性能的影响.....	(361)
第三节 金属玻璃釉浆料	(363)
一、金属玻璃釉浆料的组成及工艺要求.....	(363)
二、导体浆料.....	(367)
三、电阻浆料.....	(369)
四、介质浆料.....	(377)
第四节 丝网印刷	(377)
一、原理.....	(377)
二、工艺准备.....	(378)
三、印刷设备.....	(385)
四、影响印刷质量的工艺因素.....	(388)
第五节 烧结	(390)
一、烧结原理.....	(391)
二、烧结工艺过程.....	(393)
三、烧结工艺参数.....	(396)
四、烧结设备.....	(399)
第六节 阻值调整	(400)
一、喷砂调阻.....	(400)
二、激光调阻.....	(401)
第七节 金属玻璃釉电阻器举例	(406)
一、片式金属玻璃釉电阻器.....	(406)

二、金属玻璃釉电阻网络.....	(411)
三、平面型高阻、高压金属玻璃釉电阻器.....	(414)
四、圆柱形玻璃釉电阻器.....	(416)
思考题.....	(416)