

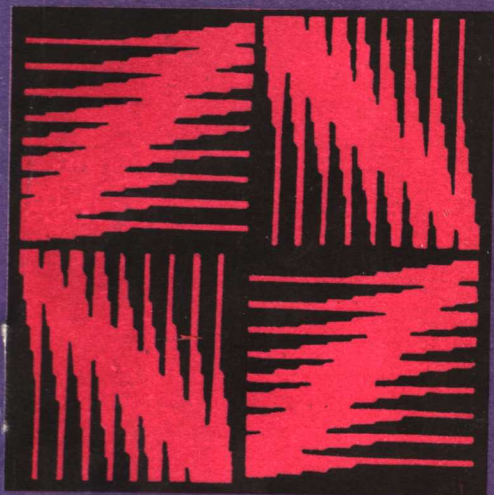
● 电子工业工人技术等级培训教材

● (电子元件专业)

敏感电阻器

● 黄汝念 编

● 陈耀祖 主审



电子工业出版社

敏感电阻器

黄汝念 编
陈耀祖 主审

电子工业出版社

内容简介

本书共分十章。重点介绍光敏电阻器、热敏电阻器和压敏电阻器的产品结构、敏感机理、基本特性、材料要求、制造技术、性能测试和应用。对湿敏电阻器、气敏电阻器、磁敏电阻器和力敏电阻器的结构原理、制造工艺等也做了简明的介绍。

本书是电子工业工人技术等级培训教材,也可作为同专业的技工学校和职业学校教材,还可作为企业管理人员和工程技术人员的参考书。

敏感电阻器

黄汝念 编

陈耀祖 主审

责任编辑 周 瑛

*

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

北京市顺义李史山印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/32 印张:8.75 字数:132千字

1996年1月第一版 1996年1月第一次印刷

印数:2000册 定价:14.00元

ISBN 7-5053-3088-8/G·265

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,劳动部与电子工业部颁发了《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”,“家用电器产品维修专业”,“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”共七个工人技术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解决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、由低及高的教学规律。

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题目,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、技术人员、教师等。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

前 言

本书是为提高电子工业工人的技术水平,按照劳动部、电子工业部《电子工业工人技术等级标准》和《敏感电阻器教学大纲》,由电子元件专业编写的工人培训教材之一。编委会副主任委员、编审组组长为陈耀祖,副组长、责任编委为裴秀琴。

本书重点介绍光敏电阻器、热敏电阻器和压敏电阻器的产品结构、敏感机理、基本特性、材料要求、制造技术、性能测试和应用,对湿敏电阻器、气敏电阻器、磁敏电阻器和力敏电阻器的结构原理、制造工艺等也做了简明的介绍。

使用本教材时,应根据实际工种的需要,适当地增减内容,并与《电阻器》、《电位器》、《电子元件材料》、《电子元件测试与仪表》等系列教材配套使用。本书既是电子工业工人技术等级培训教材,也可作为同专业的技工学校和职业学校教材,还可作为企业管理人员和工程技术人员的参考书。

本书由国营第七一八厂黄汝念负责编写,陈耀祖担任主审。参加本书审阅工作的还有卜寿彭、李德兴、裴秀琴、段维和、陆希明、晁继良等。本书在编写过程中,得到了国营七一八厂、七一五厂、四三一〇厂、八九三厂等单位的大力支持,参考了《电子工业生产技术手册》(《电子工业生产技术手册》编委会编)、《电阻器》(天津大学无线电材料与元件教研室编)、《敏感元件专辑》(陈克恭等编译)、《半导体光电器件》(田等先等编著)等书,在此一并表示谢意。

由于作者水平有限,书中难免出现一些缺点和错误,殷切
希望广大读者批评指正。

作者
一九九五年二月

目 录

第一章 敏感电阻器概述	(1)
第一节 敏感电阻器发展史.....	(1)
第二节 敏感电阻器的特点和要求.....	(2)
第三节 敏感电阻器的用途.....	(3)
第四节 敏感电阻器的分类.....	(4)
第五节 敏感元件展望.....	(5)
第二章 光敏电阻器概述	(8)
第一节 引言.....	(8)
第二节 光源与照度.....	(9)
第三节 半导体的导电机构	(11)
第四节 半导体中的光吸收	(14)
第五节 半导体中的光电效应	(15)
第六节 光敏电阻器的敏感机理	(17)
第七节 光敏电阻器的基本特性	(21)
第八节 光敏电阻器的结构与分类	(36)
第九节 光敏电阻器的材料及要求	(39)
第三章 光敏电阻器的制造技术	(45)
第一节 制造技术概述	(45)
第二节 硫化镉单晶的制造与掺杂	(45)
第三节 多晶硫化镉光电导体制造技术	(49)
第四节 光敏电阻器的装配技术	(53)

第五节	卤族元素对光电导体的影响	(54)
第六节	受主杂质对光电导体的作用	(56)
第七节	氧处理对光电导体的作用	(59)
第四章	光敏电阻器的测试及应用	(63)
第一节	灵敏度的测试	(63)
第二节	照度特性的测试	(64)
第三节	光谱特性的测试	(68)
第四节	伏安特性与温度特性的测试	(71)
第五节	频率特性的测试	(73)
第六节	光敏电阻器的应用	(75)
第七节	光电耦合器及其应用	(82)
第五章	热敏电阻器概述	(92)
第一节	引言	(92)
第二节	热敏电阻器的敏感机理	(93)
第三节	热敏电阻器的基本特性	(97)
第四节	热敏电阻器的结构与分类	(108)
第五节	热敏电阻器的型号与系列	(113)
第六节	过渡金属氧化物材料	(117)
第七节	钛酸钡材料	(125)
第八节	其它热敏材料	(127)
第九节	粘结材料	(128)
第十节	电极材料和包封材料	(131)
第六章	热敏电阻器的制造技术	(134)
第一节	多晶陶瓷型热敏电阻器的工艺流程	(134)
第二节	材料的粉碎	(135)
第三节	配方的计算和混合	(137)

第四节	塑化与造粒技术·····	(140)
第五节	成型技术·····	(143)
第六节	烧结机理·····	(148)
第七节	电阻体的烧成·····	(153)
第八节	电极的制备·····	(155)
第九节	电阻值的调整·····	(157)
第十节	稳定化处理·····	(159)
第十一节	膜型热敏电阻器的制造·····	(160)
第七章	其它热敏电阻器 ·····	(164)
第一节	旁热式热敏电阻器的结构·····	(164)
第二节	旁热式热敏电阻器的特性·····	(168)
第三节	旁热式热敏电阻器的制造·····	(171)
第四节	单晶热敏电阻器的导电机理·····	(174)
第五节	单晶热敏电阻器的特性·····	(177)
第六节	单晶热敏电阻器的制造·····	(180)
第八章	热敏电阻器的测试及应用 ·····	(187)
第一节	负温热敏电阻器的测试·····	(187)
第二节	正温热敏电阻器的测试·····	(190)
第三节	热敏电阻器的应用·····	(194)
第九章	压敏电阻器 ·····	(202)
第一节	压敏电阻器概述·····	(202)
第二节	压敏电阻器的基本特性·····	(203)
第三节	压敏电阻器的结构与分类·····	(207)
第四节	压敏机理与压敏材料·····	(208)
第五节	ZnO 压敏电阻器的制造技术 ·····	(212)
第六节	SiC 压敏电阻器的制造技术 ·····	(215)

第七节	其它压敏电阻器简述	(217)
第八节	压敏电阻器的测试	(220)
第九节	压敏电阻器的应用	(224)
第十章	其它敏感电阻器	(229)
第一节	湿敏电阻器概述	(229)
第二节	湿敏电阻器的主要特性	(230)
第三节	氯化锂湿敏电阻器	(232)
第四节	碳湿敏电阻器	(235)
第五节	氧化物湿敏电阻器	(237)
第六节	气敏电阻器的材料	(243)
第七节	气敏电阻器的主要特性	(244)
第八节	气敏电阻器的主要品种	(247)
第九节	气敏电阻器的测试及应用	(250)
第十节	磁敏电阻器的敏感机理	(254)
第十一节	磁敏电阻器的参数和性能	(255)
第十二节	半导体磁敏电阻器的制造	(257)
第十三节	强磁性金属磁敏电阻器的制造	(262)
第十四节	力敏电阻器	(264)

第一章 敏感电阻器概述

通常人们将能感受被测量并能将其按给定关系转换成输出量的装置称为传感器。传感器中能敏锐地感受某种物理、化学、生物量等并将其转变成另一形式量的元件称为敏感元件。

敏感电阻器是出现最早、发展最快、品种最多、应用最广的敏感元件之一。初期敏感元件只限于敏感电阻器。随着敏感技术的不断发展,国际上多采用“敏感元件”术语。八十年代开始,我国电子敏感元件装配成装置,大量用于系统信息的采集,从而出现了“传感器”术语。

敏感电阻器也称为半导体电阻器。敏感电阻器主要是指其电特性(例如电阻率)对于光通、温度、电压、湿度、磁通、气体浓度和机械力等物理量表现敏感的元件。敏感电阻器制作的基础是材料对外界物理量的敏感性。利用敏感电阻器可以构成能检测相应物理量的探测器,如红外探测器、紫外探测器、辐射热探测器等。此外,还可以制成无触点开关和非接触式电位器,如光电电位器、磁敏电位器和光电耦合器等。

第一节 敏感电阻器发展史

十九世纪,人们利用体积膨胀原理做成温度控制元件,利用金属材料的电阻温度特性测定温度的变化。1871年,西门子用纯铂制成测温热敏电阻器。二十世纪三十年代,德国曾用

硫化银、二氧化铈等材料做成热敏电阻器,并用来作电机启动系统的保护。1940年,美国贝克等人采用某些过渡金属氧化物混合烧结,制出具有很大负温度系数的热敏电阻器。四十年代末,半导体科学的发展推动了半导体压阻效应的发现,相继开发了各种半导体力敏元件与传感器。随着电子技术和计算机技术的发展,许多发达国家纷纷要求大力发展敏感技术,法国等西欧国家出资帮助敏感技术的发展,因而,从七十年代末起,世界范围内出现了敏感热,各种新型敏感元件和传感器层出不穷。国际上传感技术的发展,对我国敏感元件与传感器专业的发展也产生了积极的推动作用。

我国敏感元件的起步可追溯至1956年前后,三十多年来,我国敏感元件经历了从无到有、从小到大、由研制生产到应用发展的历程,根据1989年的统计,全国从事敏感元件与传感器研制和生产的单位已达834个,生产品种二千多种,1988年全行业的总产量达8千多万只,为国防建设和国民经济各部门的发展作出了贡献。近几年来,我国部分敏感元件与传感器开始进入国际市场。

第二节 敏感电阻器的特点和要求

由于敏感元件对有关物理量(或化学量、生物量)的敏感性,使其具有检测、计量、信息传递和自动控制等功能。敏感元件的功能大体上可分为三类:

(1)代替人类五官感觉的功能,如视觉、嗅觉、味觉、触觉等;

(2)检测能量超出人类五官的现象,如高温和高压等;

(3)检测人类五官不能感觉的现象,如红外线、电磁波、小能量的超声波等。

敏感电阻器最显著的特点是能敏锐地感受到各种物理量、化学量、生物量的信息,并将感受到的信息转换成电信息。有的还能将这些信息进行多功能的转换。

目前,已有几百种敏感元件在几十个领域中获得应用。其共同的要求是高性能、高可靠和经济性。高性能是指灵敏度、重现性、选择性、抗干扰、线性度好和高响应速度。高可靠是指低老化、耐冷热、耐振动、耐潮湿、耐酸碱。经济性是指体积小、重量轻、坚固、稳定、低能耗、易操作、能互换、易维修、低价格等。

第三节 敏感电阻器的用途

人的五官能够接受外界的刺激,并将这种刺激信息送到大脑进行处理,然后传到肌肉作出某种动作。敏感电阻器也能够感知外界信息,并可以将这种外界信息变换成电信号,如果将这种电信号输入到计算机进行处理,同样可以由执行器来完成某种控制。也就是说,敏感电阻器相当于五官,计算机相当于大脑,执行器相当于肌肉,许多信息的摄取、处理和控制可以由敏感电阻器、计算机和执行器来完成。

敏感电阻器在国民经济和国防建设中具有重要的地位和作用,它是采集并提供信息的手段,是信息技术的重要组成部分。敏感电阻器技术水平的高低直接影响其它产业的发展和水平的提高。敏感电阻器广泛地用于工业自动化、矿山、交通、能源、石油、航空、军事、轻纺、环保、农业、林业、气象、乃

至办公室自动化领域。早在热敏电阻器问世初期就用于热工仪表；随着近代科技尤其是电子技术的发展，从五十年代起，光敏元件已作为飞行器和人造卫星的“耳目”；六十年代，随着集成电路的出现，敏感元件开始作为自动机械（机器人）的五官；特别是七十年代初，发展了大规模集成电路，诞生了微处理机技术，使敏感元件得以深入到国民经济甚至家庭各个领域，如光敏电阻器和光探测器已经用于空间技术、光通信、光计算机和光电自动控制等，热敏电阻器用于卫星姿态控制、辐射能的探测和各种测温控温系统，压敏电阻器用于保护电子和电气线路免遭过压的破坏，湿敏电阻器用于湿度的测量和控制，气敏电阻器用于检测气体浓度，在生活中也可以预报一氧化碳的含量。

由上述可知，敏感元件是信息摄取的功能元件，是自动控制系统的“神经中枢”。敏感、电测和调节三个部分的良好匹配是高质量自动控制系统的**关键**。

第四节 敏感电阻器的分类

敏感电阻器的种类繁多，可按检测功能、输入信息、功能效应、材料、制造方法、能量传递、输出信号等方法进行分类。

（一）按检测功能分类

按检测功能可分为基本型和应用型两大类。基本型包括光敏电阻器、热敏电阻器、磁敏电阻器、力敏电阻器、湿敏电阻器和气敏电阻器等。应用型包括压敏电阻器、声敏电阻器、射敏电阻器、色敏电阻器、触敏电阻器、思敏电阻器和味敏电阻器等。

(二)按输入信息分类

按输入信息可分为物理敏、化学敏、生物敏和物理化学敏等。物理敏是指对输入信息为热、力、光、磁、声和射线等物理量敏感的电阻器。化学敏是指对输入信息为化学物质的物理量或化学量敏感的电阻器。化学敏可对特定化学物质的种类、浓度和组分有特殊的敏感性。生物敏是模拟生物的各种生态作成敏感元件,如嗅敏、味敏、酵素(酶)敏、微生物敏等。物理化学敏则能用来检测物质在化学反应过程中化学的变化。

(三)按输入和输出关系分类

按输入和输出关系可分为缓变型和突变型两大类。所谓缓变型是输出信号随着输入信号的变化而逐步变化。所谓突变型是输出信号随着输入信号的变化在某个小范围内就急剧变化。

(四)按结构分类

按结构可分为体型结构和结型结构两大类。所谓体型结构就是由电性能相同的半导体材料构成的结构。所谓结型结构就是由电性能不同的材料组成的结构。不同结构具有完成不同功能的作用。

第五节 敏感元件展望

敏感元件经过几十年的发展旅程,但从总体来看,仍不如一般半导体器件那样成熟。因为敏感元件所用的材料主要是各种化合物半导体,而化合物半导体的材料技术比元素半导体困难得多,从而妨碍着敏感元件的普及和发展。对于敏感元件的展望,可归纳出以下几点:

(1)当前国际上敏感元件生产和研制主要以物理敏感元件为主,其它敏感元件也将有相应的发展。一般认为物理敏主要是电子过程,机制比较简单,易于数字化,易于检测,应用普遍,是“八十年代最有时代性的大量生产的商品”。化学敏、生物敏和物理化学敏是新一代的敏感元件,主要是离子过程,其机制比较复杂。新一代敏感元件大都为模拟式,难于准确检测绝对量,研究和开发的难度较大。新一代敏感元件在今后的生物、环境保护和食品加工等领域发展前景极其广阔,有“九十年代的敏感元件”之称。

(2)敏感元件的集成化和多功能化将有较大进展。目前生产的敏感元件大都是分立的。随着微电子学的发展,在分立的敏感元件继续发展的同时,集成化是一个重要发展趋势。专家预测,随着集成技术发展,多功能三维多层混合集成的仿生敏感元件可望在九十年代获得成功。

(3)敏感技术和敏感元件的生产技术将有很大发展,新型敏感元件不断发展,社会效益将不断提高。当前敏感元件市场国际竞争剧烈,各种新技术应运而生,薄型化、微粒化和集成化在发展,具有感度高、响应快、体积小、重量轻、能耗低、价格低的产品颇受青睐。尤其是一些性能优异的光敏、气敏、湿敏和热敏等敏感元件有广泛的应用前景。

(4)敏感元件的应用领域仍以工业生产过程和设备控制为主,信息处理、科技计测和防火、防爆居次。随着生产的发展和新技术的开发,敏感元件将在以减轻繁重体力劳动、避免有害作业直接操作、提高劳动生产率、提高质量、降低成本为中心的工业生产过程和设备控制中起更大作用。