

国家级精品课程教材

电子材料

主 编 李言荣
副主编 林 媛 陶伯万
主 审 恽正中



清华大学出版社



013023693

TN04
31

国家级精品课程教材

电子材料

主 编 李言荣
副主编 林 媛 陶伯万



清华大学出版社
北 京



北航

C1630533

TN04
31

内 容 简 介

本书较为全面地介绍了电子信息技术和产业中涉及的电子材料的制备方法、结构特征,电、磁、光等方面的性质,电子元件设计、开发应用所需的材料基础知识。对电子材料的基本理论进行了叙述,介绍了电子材料的性能、应用和发展趋势。本书共 13 章,包括电子材料概述、材料的分析与表征、薄膜、厚膜,以及陶瓷等基本工艺、超导、导电、半导体、电阻材料、介质材料、磁性材料、光电材料、敏感材料与封装材料等内容。

本书可作为微电子与固体电子、材料科学与工程、半导体、光电子等专业的基础课教材,也可供冶金、物理、化学、化工等相关学科的大学生、研究生、教师及工程技术人员参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电子材料/李言荣主编. --北京:清华大学出版社,2013.1

ISBN 978-7-302-30685-6

I. ①电… II. ①李… III. ①电子材料 IV. ①TN04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 278435 号

责任编辑:宋成斌 赵从棉

封面设计:梁伟侠

责任校对:赵丽敏

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:27.25 字 数:661 千字

版 次:2013 年 1 月第 1 版 印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:48.00 元

产品编号:021781-01

前言

《电子材料导论》自 2000 年出版以来,受到广大读者的关注与欢迎,还被一些学校选作教材。读者和教师们通过清华大学出版社或者和我们直接联系,对该书提出了一些宝贵的意见和建议,我们对此表示衷心的感谢。

《电子材料》是以《电子材料导论》为基础重新编写的。本书以《电子材料导论》的主要内容作为框架,删除了一些较老的和比较专门的内容,将材料常用表征方法和电子材料制作中的常用工艺等从原书各章中分离出来专门叙述;在更新内容的基础上,增加了光电材料、热电材料、吸波材料和封装材料等章节。这样,基本上囊括了电子信息材料中的主要材料。由于电子材料涉及面非常广,需要的知识也很宽,为了便于自学和讲授,这次修改的原则是“实用、新颖,广而不深,图文并茂”。

本书由李言荣院士主编,林媛教授和陶伯万教授任副主编;恽正中教授主审;恽正中教授和黄文副教授统稿。参加编写人员都来自教学和科研第一线。编写分工为:第 1 章,陶伯万,恽正中;第 2 章,曾慧中;第 3 章,陶伯万;第 4 章,蒋书文;第 5 章,贾利军;第 6 章,罗文博;第 7 章,熊杰;第 8 章,黄文;第 9 章,袁颖;第 10 章,周佩珩;第 11 章,黄文,恽正中;第 12 章,张胤,其中吸波材料为张辉彬;第 13 章,林媛。

电子材料是电子科学与技术专业的专业课程。编写时考虑到各校的具体情况,各章有一定的独立性。选用本书为教材时,各校可根据各自的专业特点,对书中内容加以取舍,来组织教学,以适应不同专业对电子材料的不同深度和广度的要求;有些章节也可让学生自学,以扩大知识面。本书也可供材料、冶金、化工、物理等相关学科领域的本科生、研究生和工程技术人员参考。

恽正中教授仔细地审阅了各章内容,提出了许多修改意见,并同参编人员进行了深入的讨论。为保证本书的可自学性和便于教学,本书在定稿前曾请一些学生和老师阅读书稿并征求他们的意见。为此向全体参编人员、恽正中教授和阅读本书书稿的同学和老师们表示感谢。

四川大学的肖定全教授,电子科技大学的王思信教授、余忠教授和曾娟老师等对本书提出了宝贵的建议,在此一并表示诚挚的感谢。

由于编写此书时参考的资料众多,限于篇幅,未能一一列出,在此向原作者致敬。限于我们的能力和学识水平,书中不当之处,欢迎读者及同行专家们提出宝贵意见,以便今后改进。

编者

2012 年 10 月

目 录

第 1 章 电子材料概论	1
1.1 电子材料的分类与特点	1
1.1.1 电子材料在国民经济中的地位	1
1.1.2 电子材料的分类	1
1.1.3 电子材料的环境要求	2
1.1.4 电子材料与元器件	4
1.2 无机电子材料	5
1.2.1 晶体的特征	5
1.2.2 同构晶体和多晶型转变	9
1.2.3 固溶体	11
1.2.4 金属间化合物	13
1.3 实际晶体、非晶体和准晶	14
1.3.1 实际晶体	14
1.3.2 非晶态材料	16
1.3.3 准晶体简介	18
1.4 电子材料的表面与界面	20
1.4.1 表面的定义和种类	20
1.4.2 清洁表面的原子排布	21
1.4.3 实际表面的特征	23
1.4.4 晶粒间界	26
1.4.5 相界和分界面	28
1.5 电子材料的应用与发展	29
1.5.1 现代社会对电子材料的要求	29
1.5.2 电子材料的选用原则	30
1.5.3 纳米材料	31
1.5.4 复合材料与梯度功能材料	31
1.5.5 超常材料	34
1.5.6 电子材料的发展动态	35
复习思考题	36
参考文献	36

第 2 章 电子材料的分析和表征	38
2.1 电子材料化学成分分析方法	38
2.2 电子材料结构分析方法——X 射线衍射分析法	39
2.3 电子材料的显微分析法	41
2.4 电子材料表面界面分析技术	44
2.5 扫描探针技术	46
2.6 光谱分析技术	49
2.7 热分析技术	54
复习思考题	57
参考文献	57
第 3 章 薄膜工艺	59
3.1 真空技术概述	60
3.1.1 真空	60
3.1.2 真空的获得	60
3.1.3 真空的测量	64
3.2 真空蒸发镀膜工艺	64
3.2.1 真空蒸发原理	64
3.2.2 热蒸发	65
3.2.3 脉冲激光蒸发	66
3.2.4 分子束外延	67
3.2.5 其他蒸发镀膜方法简介	67
3.3 溅射镀膜工艺	68
3.3.1 直流二极溅射及其原理	68
3.3.2 射频溅射	69
3.3.3 磁控溅射	70
3.3.4 反应溅射	71
3.3.5 离子束沉积	72
3.3.6 溅射沉积技术的特点	72
3.4 化学气相沉积工艺	73
3.4.1 化学气相沉积过程	73
3.4.2 热 CVD	74
3.4.3 等离子体 CVD	75
3.4.4 光 CVD	75
3.4.5 有机金属 CVD(MOCVD)	76
3.4.6 表面氧化工艺	77
复习思考题	77
参考文献	78

第4章 厚膜工艺	79
4.1 厚膜浆料	79
4.1.1 厚膜浆料的特性和制备	79
4.1.2 导体浆料	81
4.1.3 电阻浆料	83
4.1.4 介质浆料	84
4.1.5 电感及铁氧体磁性浆料	85
4.2 厚膜图案形成技术	85
4.2.1 丝网印刷	86
4.2.2 其他图案形成技术	88
4.3 厚膜的干燥和烧成	90
4.3.1 干燥	90
4.3.2 烧成	90
复习思考题	92
参考文献	92
第5章 陶瓷工艺	93
5.1 概述	93
5.2 粉体的表征	94
5.3 粉体的混合与粉碎	96
5.4 粉体的化学制备	99
5.5 成型技术	102
5.5.1 粘合剂	102
5.5.2 造粒	103
5.5.3 成型方法及工艺	103
5.6 烧结原理和种类	108
5.6.1 烧结过程	108
5.6.2 烧结中的有关现象	109
5.6.3 烧结过程控制	109
5.6.4 烧结种类	111
复习思考题	114
参考文献	114
第6章 导电材料和电阻材料	115
6.1 导电材料的性质与分类	115
6.2 金属导电材料	116
6.2.1 金属导电材料的标准	116
6.2.2 铜	117
6.2.3 铜合金	117

6.2.4 铝	119
6.3 电极及电刷材料	120
6.3.1 电容器电极材料	120
6.3.2 引出线	122
6.3.3 电刷与弹性材料	122
6.4 厚膜导电材料	123
6.4.1 厚膜导电材料的要求	124
6.4.2 贵金属厚膜导电材料	125
6.4.3 贱金属厚膜导电材料	127
6.4.4 导电胶	128
6.5 薄膜导电材料	130
6.5.1 铝薄膜	131
6.5.2 铬-金薄膜和镍铬-金薄膜	131
6.5.3 钛-金薄膜	132
6.5.4 多层导电薄膜	132
6.5.5 透明导电薄膜	134
6.6 电阻材料概述	137
6.6.1 电阻材料的主要性能	137
6.6.2 电阻材料的分类	139
6.7 线绕电阻材料	140
6.7.1 贱金属电阻合金线	140
6.7.2 贵金属电阻合金线	142
6.8 厚膜电阻材料	143
6.9 薄膜电阻材料	145
6.10 精密金属膜电阻材料	149
6.10.1 镍铬合金系电阻薄膜	149
6.10.2 铬-硅电阻薄膜	150
6.10.3 钽基电阻薄膜	152
6.10.4 金属-陶瓷电阻薄膜	154
复习思考题	155
参考文献	156
第7章 超导材料	157
7.1 超导的发现历程	157
7.2 超导材料的基本性质和应用	160
7.2.1 超导材料的主要特性	160
7.2.2 临界磁场与临界电流	162
7.2.3 超导材料的应用	165
7.3 低温超导材料	166

7.4 高温超导材料	169
7.5 新型超导材料	173
复习思考题	176
参考文献	176
第8章 半导体材料	177
8.1 半导体材料的一般性能	177
8.1.1 半导体材料的分类	177
8.1.2 半导体中的电子状态	178
8.1.3 半导体的电学性质	182
8.1.4 半导体的光电性质	186
8.1.5 半导体的磁学性质	189
8.1.6 半导体的热电性质	190
8.2 三代半导体材料概述	191
8.3 锗、硅材料	193
8.3.1 锗、硅的物理和化学性质	193
8.3.2 锗、硅的晶体结构与能带结构	194
8.3.3 锗、硅中的杂质和缺陷	195
8.3.4 非晶硅材料	196
8.3.5 锗硅合金	196
8.4 III-V族化合物半导体	197
8.4.1 III-V族化合物半导体的一般性质	197
8.4.2 III-V族化合物半导体的晶体结构	199
8.4.3 砷化镓	200
8.4.4 GaN材料系列	200
8.5 II-VI族化合物	202
8.6 碳化硅	203
8.7 其他半导体材料	204
复习思考题	210
参考文献	210
第9章 电介质材料	211
9.1 电介质材料的一般性质	211
9.1.1 极化与介电常数	211
9.1.2 绝缘电阻与漏电流	214
9.1.3 介质损耗与复介电常数	215
9.1.4 电介质的击穿	216
9.2 压电、热释电和铁电介质材料	217
9.2.1 材料的压电性、热释电性与铁电性	217

9.2.2	压电参数与压电材料	221
9.2.3	热释电介质材料及应用	225
9.2.4	铁电陶瓷介质材料及应用	226
9.3	装置陶瓷	229
9.3.1	氧化铝陶瓷	229
9.3.2	高热导率陶瓷	230
9.3.3	低温共烧陶瓷基板	233
9.4	电容器介质材料	236
9.4.1	电容器介质材料的分类	236
9.4.2	高介电电容器瓷	237
9.4.3	半导体陶瓷介质及其电容器	240
9.4.4	多层陶瓷电容器介质材料	241
9.5	微波介质材料	244
9.5.1	微波陶瓷的应用与要求	244
9.5.2	微波陶瓷的分类	245
9.5.3	低温共烧微波陶瓷	247
9.6	玻璃电介质材料	247
9.6.1	玻璃的结构与组成	248
9.6.2	玻璃电介质	251
9.6.3	微晶玻璃	252
9.7	透明陶瓷和远红外陶瓷材料	254
9.7.1	透明陶瓷材料	254
9.7.2	远红外陶瓷材料	257
	复习思考题	258
	参考文献	259

第 10 章	磁性材料	260
10.1	概述	260
10.1.1	物质的磁性	260
10.1.2	磁性材料的技术磁性参量	263
10.1.3	磁性材料的分类和特点	263
10.1.4	磁性材料的磁化	264
10.2	软磁材料	265
10.2.1	软磁材料的特性	265
10.2.2	铁氧体软磁材料	267
10.2.3	金属软磁材料	269
10.2.4	非晶及纳米晶软磁材料	271

10.3 永磁材料	273
10.3.1 永磁材料的特性	273
10.3.2 金属永磁材料	275
10.3.3 铁氧体永磁材料	276
10.3.4 稀土永磁材料	278
10.3.5 永磁薄膜	281
10.4 旋磁材料与磁记录材料	281
10.4.1 旋磁性和旋磁材料	281
10.4.2 石榴石型旋磁材料	282
10.4.3 其他旋磁材料	284
10.5 磁记录材料	286
10.5.1 磁记录原理	286
10.5.2 磁记录的特点	286
10.5.3 磁头及磁头材料	287
10.5.4 磁记录介质及材料	288
10.6 其他磁功能材料	290
10.6.1 磁制冷材料	290
10.6.2 磁光材料	291
10.6.3 超磁致伸缩材料	293
10.6.4 磁电阻材料	295
10.6.5 磁性液体	296
复习思考题	298
参考文献	298
第 11 章 光电材料与热电材料	300
11.1 发光材料	300
11.1.1 材料的发光机理	300
11.1.2 电致发光材料	301
11.1.3 光致发光材料	303
11.2 激光材料	309
11.2.1 激光的特点及发光原理	309
11.2.2 激光晶体	310
11.2.3 激光玻璃	311
11.2.4 透明激光陶瓷	313
11.3 光电转换材料	314
11.3.1 太阳能电池概述	314
11.3.2 单晶和多晶光电材料	315
11.3.3 薄膜光电材料	315

11.4	光电探测材料	318
11.4.1	光电探测器概述	318
11.4.2	红外探测器的类型	318
11.4.3	光电型探测器材料	321
11.4.4	热释电探测器材料	321
11.4.5	紫外探测材料	322
11.5	光电显示材料	324
11.5.1	阴极射线管用显示材料	324
11.5.2	液晶显示	325
11.5.3	场致发光材料	325
11.5.4	微胶囊电泳显示及材料	326
11.6	非线性光学材料、电光材料和闪烁材料	327
11.6.1	非线性光学材料	327
11.6.2	电光材料	331
11.6.3	闪烁体材料	333
11.7	热电材料	336
11.7.1	热电效应和热电优值	336
11.7.2	主要的热电材料	337
11.7.3	提高热电材料性能的主要方法	339
	复习思考题	340
	参考文献	341

第 12 章	敏感材料与吸波材料	342
12.1	敏感材料的分类	342
12.2	力敏材料	345
12.3	热(温)敏材料	349
12.3.1	热电偶材料	349
12.3.2	氧化物半导体热敏电阻材料	351
12.4	磁敏材料	360
12.5	气敏材料	363
12.6	湿敏材料	370
12.7	离子敏材料	376
12.8	电压敏感材料	377
12.9	吸波材料概述	380
12.10	重要的吸波材料	383
12.10.1	磁性吸波材料	383
12.10.2	导电型吸波材料	385
12.10.3	电介质型吸波材料	386
12.10.4	其他吸波材料	388

复习思考题·····	389
参考文献·····	390

第 13 章 电子封装材料 ····· 391

13.1 封装技术简介·····	391
13.2 框架材料与互连材料·····	394
13.2.1 框架材料·····	394
13.2.2 引线材料·····	398
13.2.3 焊锡材料·····	399
13.2.4 导电胶·····	402
13.3 密封材料·····	403
13.4 基板材料·····	407
13.4.1 金属基板·····	407
13.4.2 陶瓷基板·····	410
13.4.3 有机基板·····	414
13.5 散热材料·····	417
13.5.1 热沉材料·····	417
13.5.2 热界面材料·····	420
复习思考题·····	422
参考文献·····	423

电子材料是当前材料科学的一个重要方面;电子材料品种繁多,用途广泛,涉及面宽,是制作电子元器件和集成电路等的基础,也是获得高性能、高可靠先进电子元器件的保证。电子材料除用于制作电子元器件与集成电路外,还广泛用于印制电路板和微波电路、封装用材料、电信电缆和光纤、各种显示器及显示板,以及各种控制和显示仪表等。本章就电子材料的重要性与分类、无机电子材料、电子材料的表面与界面和电子材料的发展动向等作概貌性的介绍。

1.1 电子材料的分类与特点

1.1.1 电子材料在国民经济中的地位

人类社会发展的历史证明,材料既是人类赖以生存、发展和征服自然的物质基础,又是人类社会发展的先导;它是人类进步的里程碑。

电子材料是指与电子工业有关的、在电子学与微电子学中使用的材料,是制作电子元器件和集成电路的物质基础。人类已进入信息社会,材料、能源和信息技术,是当前国际公认的新科技革命的三大支柱。电子材料处于材料科学与工程的最前沿,其优劣直接影响电子产品质量,与电子工业的经济效益有密切关系。一个国家的电子材料的品种、数量和质量,已成为衡量该国科学技术、国民经济水平和军事国防力量的主要标志。

1.1.2 电子材料的分类

电子产品已经渗透到科研、生产、国防和生活等各个方面,品种五花八门,所需的直接材料和配套材料都数以万计。电子材料种类繁多,用途广泛,可以从不同的角度对其进行分类;世界各国和不同的科学家对电子材料的分类方法不尽相同。本节按照目前常用的方法来对电子材料进行分类。

1. 按电子材料的用途分类

从应用的角度,通常把电子材料分为结构电子材料 and 功能电子材料两大类。

能承受一定压力和重力,并能保持尺寸和大部分力学性质(强度、硬度及韧性等)稳定的一类材料称结构电子材料。随着科学技术的发展,现已开发出适应高科技要求的、性能优异的、能在各种严酷条件(高温、高压、高腐蚀)下使用的结构材料。结构电子材料在电子元器件中主要用来制作外壳、基片、框架、散热片、加固和封装等。

功能电子材料是指除强度性能外,还有其特殊功能,如能实现光、电、磁、热、力等不同形式的交互作用和转换的材料;在应用中,主要是用其功能而不是机械力学性能。例如,太阳能电池具有将太阳能(光、热能)转换为电能的功能。一般来说,功能材料对外界环境具有灵敏的反应能力,即对外界的电、磁、光、热、压力、气氛等各种“刺激”,可以有选择性地做出反应。在电子元器件和集成电路领域中,通常功能电子材料被加工成一定的形状,配以必要的连接,使之具有将各种形态的能量互相转换的功能。可以认为,没有众多功能材料的出现,就不可能有现代电子科学技术的发展。

2. 按组成分类

从化学作用的角度,可以将电子材料分为无机电子材料和有机(高分子材料)电子材料两大类。无机材料又可分为金属材料(以金属键结合)和非金属材料(硅等元素半导体、金属的氧化物、碳化物、氮化物等,它们以离子键和共价键结合)。有机电子材料主要是由碳、氢、氧、氮、氯、氟等组成的高分子材料,大部分是以共价键和分子键结合。本书主要讨论无机电子材料。

3. 按材料的物理性质和应用领域分类

根据材料的物理性质,可将电子材料分为导电材料、超导材料、半导体材料、绝缘材料、压电铁电材料、磁性材料、光电材料和敏感材料等。根据电子材料在制作元器件和集成电路中的应用领域,又可分为微电子材料(锗、硅、砷化镓等制作半导体器件与电路的材料)、电阻器材料、电容器材料、磁性材料、光电子材料、压电材料、电声材料、敏感吸波材料和封装材料等。

4. 按发展进程分类

传统电子材料与先进电子材料则是另外一种分类方法。传统电子材料是指已能规模生产,价格一般较低,在工业应用上已有较长期使用的经验和数据。先进电子材料则指具有优异的性能的高科技产品,正在企图商业化或研制之中,具有一定的保密性。

以上划分方法有一定的相对性:先进材料解密后,开始商业化及大量生产并积累了足够的经验之后,就成为了传统材料;但也有一些传统电子材料,采用特殊高科技工艺加工后,具有了新的、更优良的性能,就成为先进电子材料了。

1.1.3 电子材料的环境要求

电子材料除了具有电、磁、光、热、压力等特性外,制作成元器件和电路之后,还应具备一致性和稳定性,能够承受各种恶劣环境。由于电子产品已进入国民经济、国防和民用等领域,这就要求电子产品能在不同的环境下性能稳定,工作正常。目前对电子材料的环境要求

越来越严格,主要表现在以下几个方面。

1. 温度

电子产品一般要在 $-55\sim+125^{\circ}\text{C}$ 范围内使用;若到宇宙空间使用时,低温会延伸到 -190°C 或接近绝对零度(-273°C);在汽车电子中,工作温度可达 $500\sim700^{\circ}\text{C}$;在反应堆中工作温度可高达 700°C 甚至到 1200°C 。

2. 压力

电子产品一般在一个大气压下工作,但也有的处于真空中;而用于宇宙系统设备中真空度为 $1\times10^{-13}\text{Torr}$ 。但在海洋中,水深每增加10m压强增加一个大气压,在海洋深处压力可达上千大气压。由于压力的改变,会引起电子材料耐压强度下降、密封外壳变形和散热效率降低、器件性能劣化等现象。

3. 湿度

温带地区相对湿度平均为 $(65\sim75)\%\text{RH}$,沙漠地区则不高于 $5\%\text{RH}$;而靠近海洋、湖泊的地区,湿度经常可达饱和状态($100\%\text{RH}$)。测量中发现,在相对湿度为 $(65\sim80)\%\text{RH}$ 的空气中,物体上水膜的厚度为 $0.001\sim0.1\mu\text{m}$;而在 $100\text{RH}\%$ 湿度下,水膜厚度可达几十微米,对电子材料造成不良影响。水分还会引起一些电子材料(特别是化工材料)的尺寸变化,绝缘性能下降,发生击穿和短路等现象。

4. 环境中的化学颗粒及尘埃

工业区的空气中往往含有多种成分的酸、碱、盐等颗粒,这些颗粒能腐蚀电子材料,降低绝缘电阻和击穿电压。海面及沿海地区空气中的盐雾含量一般为 $2\sim5\text{mm}^3/\text{m}^3$,这会在材料的表面覆盖一层导电层,使材料表面的漏电导增加,并能引起材料腐蚀和加速材料的老化。空气中的尘埃含量一般为 $20\sim60\text{mm}^3/\text{m}^3$,沉积在材料表面会使水汽凝结,降低介电性能。

5. 霉菌和昆虫

在温度 $25\sim35^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度超过 $70\%\text{RH}$ 、缺少日光照射的阴暗地区,霉菌和昆虫容易大量繁殖,造成电子材料介电特性的下降,器件或包封材料的腐蚀和损坏。

6. 辐射

太阳中的紫外线,潮湿条件下的日光照射,都能引起材料的氧化;雷雨时产生的臭氧以及宇宙空间的 γ 、 β 等高能粒子的辐射等,都会使电子材料蜕化、变质或分解。

7. 机械因素

运载环境中的机械因素是指冲击、振动和离心力等。在坦克、舰艇、飞机、火箭、卫星等运载工具上,振动频率的范围为 $10\sim2000\text{Hz}$,有时还可高达 5000Hz 。在一定条件下,电子产品可能会和运载工具发生共振,导致振幅增大 $10\sim15$ 倍,冲击加速度增大到 $100\sim200g$,

甚至达到 500g。这些机械的作用将会降低材料的耐疲劳强度和加速元器件老化。

以上这些环境因素对结构电子材料与功能电子材料来说,都是需要考虑的,为了适应这些要求,对电子材料要有全面认识,要结合材料的成分、工艺条件和材料的结构与性能间的关系进行全方位研究。

1.1.4 电子材料与元器件

1. 电子材料对元器件和集成电路发展的促进作用

在电子设备系统中,元器件与集成电路是其中的关键,为了保证电子设备系统的先进性和高可靠性,高性能和高质量的元器件与电路是必不可少的,而这些高质量、高性能的元器件,必须由优质的电子材料来保证。生产与科研不断向元器件提出更高性能、更高的可靠性等要求,这就成为促使电子材料的开发研制的动力。而一旦出现某种新型先进的电子材料,可能使电子元器件迅猛发展,并带来社会的进步。

半导体材料锗、硅和砷化镓的出现,带来的半导体器件、集成电路的迅猛发展,并促使人类进入信息社会,是一个众所周知的例子。

无源元件电阻器的发展也是如此。如每当出现一种新的电阻材料,接着就出现一种新型的电阻器。早期的电阻是由炭黑、石墨和树脂混合后压制成的实芯电阻器。这种电阻器耐热性能差,精度不高,满足不了电子设备对大功率和耐高温的要求。因此当研制出一种耐热和阻值精度方面比实芯电阻高的合金电阻材料后,就出现了线绕电阻器。线绕电阻器虽然在耐热和阻值精度方面比实芯电阻有了明显的提高,但其阻值不能做得很高。于是又研制出阻值范围大、精度高、稳定性好的碳膜和金属膜电阻材料,出现了碳膜和金属膜电阻器。此后为了进一步提高工作温度,研制出金属氧化膜和硅碳膜电阻材料。为了减轻元件的重量,缩小尺寸,又研制出一些新型薄膜和厚膜电阻材料,从而开发出高集成化薄膜电阻器和片式电阻器。

在电容器、磁性器件、光电器件等方面也有十分类似的情况。

2. 功能电子材料与结构电子材料在电子元器件中的作用

电子元器件中的性能主要由其中的功能材料来决定。但是,有时结构材料对电子元器件的性能的影响也很突出。例如用于汽车喷油系统的温度传感器,它在高温、还原性气体、强烈振动等恶劣环境下工作,除电阻体本身要求有良好的高温热敏性能外,封装材料将是决定这类温度传感器的寿命和稳定性的关键因素。

在厚膜浆料和多层布线中的介质浆料中的有机载体,它们可以控制浆料的流变、触变性质,对电路图形和线条宽度、可叠加的层数、电路性能等起着决定性作用。

由此可以看出,在电子元器件和电路中,除了需要考虑功能(敏感)材料的稳定性外,还需考虑封装材料与环境的相互作用、封装材料与功能材料界面间的相互作用和热膨胀系数润湿性的匹配性等方面的问题。

在设计和使用电子材料时,在确定材料成分的同时,还必须充分注意到材料的表面和界面、材料结构与性能、工艺与结构间的关系,这是一个系统工程的问题,为此,我们在这一章