

电子器件的材料及制备

Max Knoll 著

(上册)

华东电子管厂技术情报室编译

1972

73.5
014
10

电子器件的材料及制备

Max Knoll 著

(上 册)

华东电子管厂技术情报室编译

1972

73.6
869

电子器件的材料及制备

Max Knoll 著

(下 册)

华东电子管厂技术情报室编译

1.9-7.2

本书拟给有兴趣于真空技术或电子器件、半导体器件的物理学家及工程技术人员作参考之用。内容包括了应用于这些器件中的材料的制备与使用；电子管的制造方法（尤其是除气、排气及吸气过程）；以及固体电子器件的生产。

0.0/23

毛主席语录

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。

路线是个纲，纲举目张。

认识从实践始，经过实践得到了理论的认识，还须再回到实践去。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

序 言

本书企图有助于设计和制造电子器件方面的物理学家和工程师们。这里所说的电子器件包括高真空发射管或放大管，充气管或充气整流管，闸流管，X射线管或荧光灯，辉光灯或白炽灯，盖革计数管或电离计数管，真空光电管，光导管，硒、锗、硅整流器及晶体管。为此，需要关于材料性能、组合和处理的广泛知识及电子器件在装配后的制造所必须的高真空技术的完整知识。

文章包括了应用于这些器件中的材料的制造及加工；电子管的制造方法（特别是除气、排气及吸气过程）；和固体器件的各种生产程序。

本书包括了2300本左右的参考文献，它们以作者姓名及文献的号码注在文章中¹。在每一章的末后按作者姓名字母排列了文献，而且有时省略地写出书名。

根据本书的目的，“初版”的文献只有当它包括了所讨论对象的最新知识时，才被引入。

专利的处理与文献相同。专利的引用仅仅是在叙述到技术细节时才给出一点提示。每个专利，不论它被提到与否，都不意味着叙述它们的重要性、确实性或告知反对模仿。到期的专利除了它仍然是有效的以外，是被指出的。此外，技术或方法的命名或叙述，并不免除任何人在专业应用之前澄清专利情况的责任。

在表格中用符号 $\sim$ 标出平均值或近似值。必须注意，在一

¹ 本译文中仅以文献号码注入文章中——译者

些表中采用毛 (1 毛 = 1mmHg) 作为气压的单位。

当叙述到典型的设计或制造过程时, 有时提到制造公司的名称是必须的¹。这决不意味和其它公司作比较。为了便利读者, 这些公司的地址已列表于下册。

书中的部分材料是以 Espe-Knoll 的高真空技术材料学² (德国Springer 出版社, 1936) 为基础的, 此书以前在英国没有出版过。重新编辑这本书由于第二次世界大战及其影响而至今未能完成。现在由 W. Espe 博士、Bratislava, ČSR 在筹划着。

考虑到这本书并非完美的这一事实, 作者欢迎任何的建议与批评。必须感谢很多帮助准备本书的人和单位: B. Kazan 先生在翻译方面很有效的帮助; Princeton 大学、特别是 Walter Johnson 教授、电气工程部主席对计划的协商与支持, 以及 Allan Rabnet 先生和几个这个部的学士对表格和曲线的编排; Marshal Wilder 先生、Steinberg 先生, E. Lamprecht 小姐以及特别是 W. Harth 先生和 B. Lommel 小姐在翻译和校订方面的帮助; J. W. Skehan 先生及 A. K. Wlng 先生允许取用他们自己对“材料学”³的早期部分翻译, 和 J. Rhelnseln 先生的宝贵注译。

在下册列出的公司其中特别是 ROA 公司赠送了图画和数据并给了其它的帮助, 在此表示衷心的感谢。

最后, 我感谢 Springer 出版社编辑部在出版本书时的照顾和努力。

1958.3.

Max Knoll

¹ 本文中公司名称均予以省略——译者

² 原文为“Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik”——译者

³ 原文为“Werkstoffkunde”——译者

导 言

电子管结构中所用的材料大部分是以与其它工艺不同的观点来选择和制备的。对于**一般的**工艺目的而言，材料的机械性质、电性质，加工的容易性、腐蚀性、和相同的数据是最重要的。对**电子管¹**的材料而言，其它一些性质可以更为重要，例如：去气容易，蒸汽压小，在高温下有足够的强度，合适的膨胀系数，恰当的辐射率和透明度，高或低的热传导率和电导率，在高温下漏气量小，有最大的或最小的电子发射的可能性，对电子管内其它材料具有化学稳定性和亲和力等等。此外，所应用材料的纯度也常有明确的要求，因为材料内的微量杂质在工作过程中会蒸发出来使电子管的阴极中毒或破坏了气体充注物使管子的特性和寿命有很大的改变。材料加工的容易性和价格仅在上面提到的因素考虑之后才予考虑。

容易除气，这一点对作为电极系统的所有材料而言通常是最重要的要求。这不仅限制了材料的选择而且还使得这些材料只能小体积应用，因此电子管内部结构常常使用薄皮、细丝及小陶瓷组件。电子管系统和其它一般结构其余的不同点是金属、玻璃、陶瓷、化学试剂、气体之间有着特殊的组合。

尽管有薄壳元件在高温下易于变形的限制，尽管由于材料的物理化学性能不同因而使组合成一个单独构件发生困难，电极系统中的高精度和单各零件的高同一性对电子管获得所需的

¹ 原文为真空管，但实际上包括了充气管，故译作电子管，下同。

——译者

电气性能来讲是很重要的。后一要求常需要自动控制的机器，甚至对生产中等数目的管子而言——不仅对电极系统的机械生产，而且对排气过程也有这一要求。但是机械加工还要求原材料有很稳定的物理和化学性质，这一点在许多情况中是必须特别强调的。

因为这些特别而常又是矛盾的要求，电子管的设计要求有材料性质的真正知识，对材料进行苛刻地选择和小心地控制以及它们在加工时情况的完整了解。

除了用于电子管设计的材料以外，我们在这里还要涉及电子管制造过程中的成形、去气、联接及完工的特殊过程。由于上面讲到的关于电子管材料方面的同样原因，用于电子管中的零件及其制备和他们最相近的电气工程有很大的不同。它包括对气态、固态及胶态物理学以及高温和特种化学反应、气体和固体中电子和原子间相互作用的更全面理解。关于电子器件材料和制备领域中的一般参考书，参阅第1.9节。

目 录

序 言	1
导 言	3

第 1 章

材料的一般结构和性质（包括金相学的方法）

1.1 结 晶	1
1.2 晶体的冷加工成形（裂开、滑脱面、加工硬化， 延性、展性、脆性）	4
1.3 再结晶（退火时新晶体的变大）	7
1.4 蠕变限及形状保持力	12
1.5 杂 质	15
1.6 铸造的金属合金	15
成份在液态及固态下可以混合(17)	成份
份只在液态下可混合（“混合晶体”，易 熔合金，第Ⅱ类合金）(17)	成份在液 态下可混合而在固态下部分地或完全可混 合（第Ⅲ类合金）(18)
成份在液态下 部分地可混合而在固态下不可混合（第Ⅳ 类合金）(19)	化合物—生成物合金 (第Ⅴ类合金)(19)
1.7 烧结金属及合金（粉末冶金法）	21
1.8 玻璃的结构；相图和粘度图	23

1.9	关于材料的一般结构和性质的参考文献.....	27
	概 论(27) 结晶(30) 晶体的冷加	
	工成形(31) 再结晶(31) 蠕变限及	
	形状保持力(31) 杂质(32) 铸造合	
	金的金属(32) 烧结金属及合金(33)	
	玻璃的结构;相图和粘度图(35)	

第 2 章

电子管材料的检验方法

2.1	光谱分析.....	37
	X射线摄谱术(37) 光学摄谱术(41)	
2.2	X射线射线照相术.....	41
2.3	用偏振光镜检查玻璃中的应变.....	46
	人造偏振片起偏振器或检偏振器(49)	
	探测微量应变的敏化染色片(49) 圆形	
	的偏振光镜(50) 巴俾涅补偿器(51)	
	可能误差(51) 应变的典型原因(51)	
2.4	薄膜厚度的量测.....	56
	干涉法(56) X射线吸收法(58)	
2.5	膨胀的量测(膨胀计).....	59
2.6	高温计.....	60
2.7	黑体辐射.....	68
2.8	荧光物质的测试仪器.....	69
2.9	检漏器.....	70
	上升率法(72) 火花线圈检漏法(72)	
	气体放电颜色法(72) 热传导率法(74)	
	电离法(78) 镭电离真空计(78) 热	

	丝电离真空计(79)	冷阴极Penning电	
	离计(83)	氢气钨管法(84)	沾染法
	(85)	质谱仪法(86)	差动凝结(或
	吸收)法(87)	卤素检漏器(90)	克
	努曾真空计(90)		
2.10	关于电子管材料检验方法的参考文献.....		93
	概论(93)	特种分析(93)	X射线摄
	谱术(94)	用偏振光镜检查玻璃中的应	
	变(95)	薄膜厚度的量测(99)	膨胀
	的量测(100)	高温计(101)	萤光物
	质的测试仪器(102)	检漏器(103)	

第 3 章

用于电子管设计中的高熔点金属及合金

3.1	钨	108
	钨的一般物理常数(108)	选矿的方法
	(110)	从钨酸中萃取钨(111)
	原钨的	制造(115)
	混合物对金相性质的影响	(120)
	热抗张强度及极限伸长率(127)	
	弹性模量和扭力系数(129)	热数据(131)
	化学性质(132)	用钨制成的典型电子管
	元件(136)	
3.2	钼	151
	物理常数(151)	选矿的方法(154)
	金属的萃取(154)	物理性质及可加工性
	(155)	化学性质(157)
	工业上的应	用(158)

3.3	钨钼合金	161
3.4	钽	164
	物理常数(164) 选矿的方法(165) 金属的萃取(165) 物理性质(167) 化学性质(171) 放气特性(173) 吸气特性(174) 热辐射特性和输出(175)	
3.5	钿(鈮)	176
3.6	铂族金属及其合金	178
	选矿及制造(178) 纯铂的物理常数(179) 物理性质(181) 化学性质(182) 工业上的应用(186)	
3.7	钷	187
3.8	铈	190
	物理常数(190) 萃取及物理性质(191) 化学性质(192) 工业上的应用(193)	
3.9	铊	193
3.10	铋	194
	萃取及加工(194) 铋的物理性质(195)	
3.11	关于高熔点金属的参考文献	196
	关于钨的(凝缩)论文及书籍(196) 钨的物理性质和化学性质(196) 钨的制造(203) 白炽灯和阴极的灯丝(205) 其它应用(211) 钼(213) 钨—钼合金(216) 钽及钿(217) 铂及其合金(222) 钷(224) 铈(225) 铊(228) 钍(231) 铋(231)	

第 4 章

用于电子管设计中的基金属

4.1	概论	232
4.2	镍	236
	工业纯镍的物理常数(236) 选矿及萃取 (239) 镍的粗加工(243) 物理性质及加工 (243) 化学性质(249) 工业上的应用(249)	
4.3	铁	252
	纯铁的物理常数(252) 选矿及萃取(253) 粗加工(257) 物理性质及加工(257) 化学性质(262) 工业上的应用(264)	
4.4	铜	268
	纯铜的物理常数(268) 选矿及萃取(270) 加工及物理性质(271) 化学性质(273) 工业上的应用(274)	
4.5	铝	278
	铝的物理常数(278) 选矿及萃取(279) 加工及物理性质(280) 化学性质(282)	
4.5a	铟	285
4.6	银	286
	银的物理常数(286) 萃取及性质(287) 应用(288)	
4.7	铍	289
	铍的物理常数(289) 萃取及性质(289) 化学性质(290) 工业上的应用(293)	
4.8	汞	296

	萃取(296) 提纯(297) 化学性质(299)	
	工作时的安全防护(300) 工业上的应用(300)*	
4.9	硷金属及硷土金属	303
	概论(303) 钾和钠(304) 钡和锶(306)	
	钙(309) 铯(310) 铷(311) 锂(311)	
	镁(311)	
4.10	铈	312
4.11	关于基金属的参考文献	313
	概论(313) 镍(313) 铁(317) 铜	
	(323) 铝(327) 钨(329) 银(330)	
	铍(330) 汞(334) 硷金属及硷土金	
	属和它们的合金(339) 铈(347)	

第 5 章

基金属的合金

5.1	绪论	348
5.2	Fe-Ni 合金	348
	玻璃封接用的 Fe-Ni 合金(348) Invar	
	(351) Frigidal(352) Kovar(352)	
	真空熔制的 Ni-Fe(及Cr-Fe)合金(353)	
5.3	Fe-Cr 合金	354
	与玻璃封接用的铬铁(354) 不锈钢(355)	
5.4	镍合金	357
	镍-铬(357) 镍-锰(357) 镍-铍(359)	

* 原书目录上有物理性质, 但实际4.8节内并没有这小节。

——译注者

	镍-钴(359) 镍-钨(360) Konel 金属 (360) Monel 金属(362) 镍-银(363)	
5.5	铜合金363	
	铜-铍(363) 铜-镍(364) 铜-锌(366) 铜-锡(369)	
5.6	含有高熔点金属的基金属合金371	
	铁-钼-钴(371) 镍-铁-铬-钼(372) 镍-铁-钼(373) 铁-镍(375) 镍-铁-钨(375) 钨-镍-钴(376) 钨-铜(376)	
5.7	关于基金属合金的参考文献377	
	概论(377) 铁-镍合金(378) 铁铬合 金(382) 镍合金(385) 铜合金(389) 含有高熔点金属的基金属合金(390)	

第 6 章

玻璃, 石英及陶瓷, 以及它们在电子管设计中的应用

6.1	玻璃的制造、组成及其一般特性393
6.2	玻璃的特殊物理及化学性质402
	机械特性(402) 热膨胀系数(413) 热传导率(416) 电传导率及电解(416) 介质损耗(419) 介质常数(419) 电击 穿(419) 辐射的穿透(420) 气体的 密闭性(423) 化学稳定性(425) 根 据用途对玻璃的选择(426)
6.3	石英玻璃及石英器件427
	摘要(427) 物理及化学性质(430)

	技术应用(434)	
6.4	陶瓷材料	436
	硬瓷(436) 硅酸镁(442) 纯金属氧 化物(444)	
6.5	云母	451
6.6	石棉	458
6.7	碳化硅	460
6.8	关于玻璃的制造、组成及其一般的特性的 参考文献	461
6.9	关于玻璃的物理及化学性质的参考文献	465
6.10	关于石英玻璃及石英器件的参考文献	484
6.11	关于陶瓷材料的参考文献	488
6.12	关于云母的参考文献	500
6.13	关于石棉的参考文献	504
6.14	关于碳化硅的参考文献	506