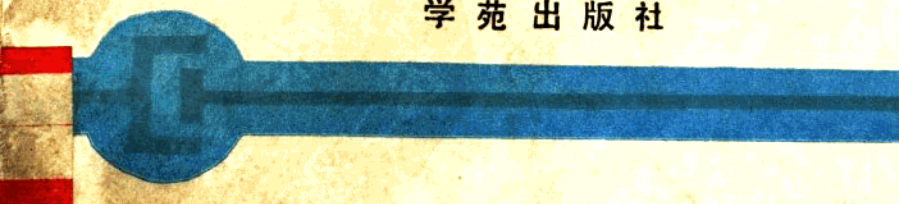


铝电解电容器

崔志武 韦春才
王绍洲 李和太 编写

学苑出版社



内 容 提 要

本书较系统地介绍了铝电解电容器的基本概念、基本性能和有关理论计算。较详细叙述了制造铝电解电容器所用的主要原材料的制备和技术要求。介绍了铝电解电容器的原理和制造工艺。最后给出了日本生产的几种先进的铝电解电容器的制造设备。

本书可供机械、电子工业方面科研、生产单位的技术人员参考，也可作为大专院校无线电材料与元器件专业的教材或教学参考书。

前 言

铝电解电容器是基础电子元件之一。它的质量优劣会直接影响到各种电子仪器设备的性能。随着科学技术的不断进步，电子技术的迅猛发展对铝电解电容器的质量要求越来越高，用量也越来越大。但是由于铝电解电容器的生产工艺比较复杂，对原材料性能要求苛刻，目前我国生产的铝电解电容器的性能和国外同类产品比较尚有一定差距。本书较系统地介绍了铝电解电容器原理和先进的生产工艺，试图对我国铝电解电容器的质量提高有所帮助。

全书共分八章。第一章介绍一般电容器的定义、原理、种类和用途。第二章介绍铝电解电容器特性及理论计算。第三章主要介绍铝箔的加工方法和铝的化学性质。第四章主要内容为铝箔腐蚀机理、腐蚀工艺和腐蚀用设备。第五章介绍铝箔形成机理、氧化膜的结构、形成工艺及形成所用设备。第六章介绍各种结构各种用途的铝电解电容器的制造方法。对工作电解液作了重点研究。第七章介绍了各种铝电解电容器的标准参数和测试方法。第八章是铝电解电容器的选用和使用时注意事项。书末的附录1是日本腐蚀箔的标准和试验法。附录2是日本形成箔的标准和试验法。附录3是日本电容器纸说明书。附录4为日本各种铝电解电容器制造机器说明书。

本书第一章、第二章由韦春才编写。第三章、第五章由崔志武编写。第四章、第六章由王绍洲编写。第七章、第八章由李和太编写。本书在编写过程中受到许多厂家和同行支持，在此深表谢意。

由于我们水平有限，缺点错误在所难免恳请广大读者批评指正。

编 者

1990、4、
于沈阳

目 录

第一章 电容器概述

- 1.1 电容器的定义..... (1)
- 1.2 电容器原理..... (1)
- 1.3 电容器的种类..... (2)
- 1.4 电容器的用途..... (3)
- 1.5 电容器电容量的计算..... (5)
- 1.6 电容器电容量的标准值及其偏差..... (7)
- 1.7 电容器的基本参数及其频率特性..... (8)

第二章 铝电解电容器的概念

- 2.1 铝电解电容器的定义与特性..... (14)
 - 2.1.1 阀门金属及其整流性..... (14)
 - 2.1.2 氧化膜厚度..... (17)
 - 2.1.3 氧化膜的耐压..... (19)
 - 2.1.4 氧化膜的自愈性..... (19)
 - 2.1.5 扩大阳极表面积..... (20)
 - 2.1.6 电容量与耐压的关系..... (21)
 - 2.1.7 尺寸和价格..... (22)

2.1.8	电解电容器的可靠性	(23)
2.2	电解电容器的理论计算	(23)
2.2.1	电容器电容量的定义	(23)
2.2.2	电容器电容量	(24)
2.2.3	贮存在电容器中的电能	(26)
2.2.4	充电时电容器端电压和电流随时间的变化	(26)
2.2.5	放电时电容器端电压和电流随时间的变化	(29)
2.2.6	在电容器上施加正弦交流电压的情况	(30)
2.2.7	电容器的并联	(33)
2.2.8	电容器的串联	(33)
2.2.9	直流电压下电解电容器的损耗	(35)
2.2.10	交流电压下电解电容器的损耗	(35)
2.2.11	电容、电阻串联电路	(38)
2.2.12	电解电容器的功率因数	(40)
2.2.13	理想电容器和电阻串联电路的功率因数	(40)
2.2.14	电解电容器简单等效电路	(40)
2.2.15	电容器的电阻损耗和介质损耗	(41)
2.2.16	串联谐振	(43)
2.2.17	极高频下的电解电容器的等效电路	(45)
2.2.18	无极性电解电容器施加交流电的情况	(46)
2.2.19	直流下工作的电解电容器允许通过的交流电流	(52)

- 2.2.20 工作于充放电状态时电解电容器的
有效电容量和电容量的减小 (55)
- 2.2.21 多芯子电容器的组合阻抗 (59)

第三章 铝的制造加工及其特性

- 3.1 铝的制造 (61)
- 3.1.1 粗铝的制造方法 (61)
- 3.1.2 铝的精炼方法 (64)
- 3.1.3 铝的晶格和密勒指数 (67)
- 3.1.4 铝的铸造和结晶组织 (74)
- 3.1.5 铝的冷加工 (77)
- 3.1.6 铝的恢复 (82)
- 3.1.7 铝的再结晶 (84)
- 3.1.8 铝的热加工 (86)
- 3.1.9 铝中的金属杂质 (87)
- 3.1.10 铝中的非金属杂质 (92)
- 3.1.11 铝晶体的缺陷 (94)
- 3.1.12 铝的分析 (97)
- 3.1.13 铝箔的制造工艺 (98)
- 3.1.14 铝箔的物理性质 (100)
- 3.1.15 高纯铝箔 (105)
- 3.1.16 低纯铝箔 (110)
- 3.1.17 铝线 (112)
- 3.2 铝的化学变化 (113)
- 3.2.1 铝的氧化物 (113)

3.2.2	铝的氢氧化物	(118)
3.2.3	铝在空气中的反应	(125)
3.2.4	铝和各种气体的反应	(128)
3.2.5	铝和水的反应	(128)
3.2.6	铝和含微量杂质的水的反应	(130)
3.2.7	铝和酸的反应	(133)
3.2.8	铝和碱的反应	(138)
3.2.9	铝和盐的反应	(139)
3.3	铝发生的电化学反应	(140)
3.3.1	铝作电极的电池	(140)
3.3.2	铝作电极的电解法	(141)

第四章 铝箔腐蚀

4.1	铝箔腐蚀的孔洞和沟	(144)
4.1.1	孔洞和沟的最小尺寸	(145)
4.1.2	腐蚀箔的CV特性和腐蚀孔径的分布	(147)
4.1.3	腐蚀系数的极限值	(149)
4.1.4	腐蚀起点	(152)
4.1.5	腐蚀过程	(154)
4.2	腐蚀方法	(159)
4.2.1	物理方法	(159)
4.2.2	化学方法	(159)
4.2.3	置换反应方式	(161)
4.2.4	电动势方式	(161)
4.2.5	直流电解方式	(163)

4.2.6	交流电解方式	(164)
4.2.7	复合方式	(165)
4.2.8	干式腐蚀法	(165)
4.3	工业腐蚀工艺	(166)
4.3.1	腐蚀方式的确定	(166)
4.3.2	铝箔的选定	(167)
4.3.3	腐蚀前处理	(167)
4.3.4	扩大表面腐蚀	(168)
4.3.5	清洗、后处理、干燥	(170)
4.3.6	卷绕和试验片的裁取	(172)
4.4	腐蚀设备及其应用	(173)
4.4.1	腐蚀机	(173)
4.4.2	排出液处理	(175)
4.4.3	腐蚀设备的运行	(177)
4.5	腐蚀箱标准和试验法	(179)
4.6	关于铝箔腐蚀的日本专利和公开专利摘要	(180)
4.6.1	关于铝箔腐蚀的日本专利公报摘要	(180)
4.6.2	关于铝箔腐蚀的日本公开专利公报摘要	(184)

第五章 铝箔形成

5.1	形成前处理	(190)
5.1.1	光箔的清洗	(191)
5.1.2	腐蚀后处理	(191)
5.1.3	热处理	(192)

5.1.4	水化处理	(193)
5.1.5	保护膜形成	(193)
5.2	生长阻挡层的阳极氧化	(201)
5.2.1	恒流形成	(201)
5.2.2	恒压形成	(208)
5.2.3	单纯阻挡层的生长	(209)
5.2.4	单纯形成膜的构造	(214)
5.2.5	复合形成膜的生长及构造	(218)
5.2.6	阻挡层的耐压及其限度	(224)
5.3	工业上的形成工艺	(225)
5.3.1	氧化膜的性质和形成方法	(225)
5.3.2	氧化膜的缺陷	(227)
5.3.3	改善氧化膜的方法	(230)
5.3.4	阻挡层形成使用的形成液	(231)
5.3.5	形成的电流密度和液温	(237)
5.3.6	形成时间	(238)
5.3.7	形成时需要的能量	(239)
5.3.8	复合形成方法	(244)
5.4	形成设备及其使用	(245)
5.4.1	形成机	(245)
5.4.2	附属设备	(246)
5.4.3	形成设备的使用	(247)
5.5	形成箔的标准和试验	(247)
5.6	关于铝箔形成的日本公开专利公报摘要	(248)

第六章 铝电解电容器的制造

- 6.1 铝电解电容器的构造.....(254)
 - 6.1.1 铝电解电容器的构成要素.....(254)
 - 6.1.2 正极和负极的构造.....(254)
 - 6.1.3 电容器芯子.....(255)
 - 6.1.4 单端引线型铝电解电容器的构造.....(256)
 - 6.1.5 双端引线型铝电解电容器的构造.....(257)
 - 6.1.6 焊片端子型铝电解电容器的构造.....(258)
 - 6.1.7 组合式电容器的构造.....(259)
 - 6.1.8 结构部件.....(260)
 - 6.1.9 安全装置.....(265)
 - 6.1.10 构造上特别应注意的问题.....(267)
 - 6.1.11 耦合阻抗小的多芯子电容器结构.....(269)
 - 6.1.12 高谐振频率电解电容器的构造.....(270)
 - 6.1.13 等效串联电阻小的电解电容器的构造
.....(274)
 - 6.1.14 音响电解电容器的构造.....(275)
 - 6.1.15 充放电用电解电容器的构造.....(276)
 - 6.1.16 无极性电解电容器的构造.....(278)
 - 6.1.17 小型铝电解电容器的新构造.....(279)
- 6.2 衬垫纸.....(280)
 - 6.2.1 衬垫纸的必要性能.....(281)
 - 6.2.2 纸的概念和成分.....(282)
 - 6.2.3 衬垫纸的材料、种类、标准及试验.....(286)

6.2.4	衬垫纸的制造工艺	(287)
6.2.5	衬垫纸的性质及选择	(290)
6.8	工作电解液	(292)
6.2.1	工作电解液必要的性能	(293)
6.3.2	工作电解液的选定	(294)
6.3.3	工作电解液的成分	(296)
6.3.4	工作电解液中使用的酸	(297)
6.3.5	工作电解液中使用的碱	(309)
6.3.6	工作电解液中使用的溶剂	(312)
6.3.7	工作电解液中的水	(322)
6.3.8	工作电解液的添加剂	(324)
6.3.9	工作电解液的配方	(336)
6.3.10	工作电解液日本专利公报摘要	(338)
6.3.11	工作电解液日本公开专利公报摘要	(347)
6.4	铝电解电容器的制造工艺和制造设备	(357)
6.4.1	规定标准	(358)
6.4.2	设计	(359)
6.4.3	电极箔和衬垫纸的切割	(362)
6.4.4	引线的清洗和形成	(362)
6.4.5	电极箔铆接引线	(363)
6.4.6	带引线的阳极箔的再形成	(363)
6.4.7	卷绕	(364)
6.4.8	浸渍工作电解液	(364)
6.4.9	装配	(366)
6.4.10	老化	(367)
6.4.11	检验	(367)

第七章 铝电解电容器的性能及其测试

- 7.1 标准参数及其测试……………(369)
 - 7.1.1 工作温度范围、最高工作温度、最低工作温度、额定电压最高工作温度……………(369)
 - 7.1.2 额定电压、温度降低电压……………(369)
 - 7.1.3 浪涌电压、过电压、耐压、绝缘电阻…(370)
 - 7.1.4 漏电流及其测试……………(371)
 - 7.1.5 电容量及其测试……………(375)
 - 7.1.6 损耗及其测试……………(381)
- 7.2 温度特性……………(383)
 - 7.2.1 电容量、损耗、阻抗的温度特性……………(384)
 - 7.2.2 漏电流的温度特性……………(386)
 - 7.2.3 低温和高温的稳定性……………(386)
 - 7.2.4 温度和浸渍循环……………(387)
 - 7.2.5 耐焊接热……………(387)
 - 7.2.6 耐寒性……………(387)
- 7.3 关于封口的性能……………(388)
 - 7.3.1 耐湿性……………(388)
 - 7.3.2 耐减压性……………(388)
 - 7.3.3 耐溶剂性……………(389)
 - 7.3.4 防爆性……………(389)
- 7.4 端子、芯子的固定、耐燃性等性能……………(390)
 - 7.4.1 端子……………(390)
 - 7.4.2 耐振性……………(390)

7.4.3 耐燃性	(390)
7.5 外加电压和电容器特性的关系	(390)
7.5.1 外加电压的大小和电容器的特性	(391)
7.5.2 反向电压和过电压的特性	(393)
7.5.3 耐充放电性	(395)
7.5.4 耐纹波电流特性	(396)
7.5.5 频率特性	(397)
7.5.6 音质特性	(408)
7.5.7 耦合阻抗特性	(414)
7.6 铝电解电容器的劣化和寿命	(414)
7.6.1 无负荷贮藏特性	(414)
7.6.2 高温负荷特性	(417)
7.7 故障和可靠性	(420)
7.7.1 短路	(420)
7.7.2 产生故障的情况	(421)
7.7.3 可靠性	(422)

第八章 铝电解电容器的选择和使用注意事项

8.1 从性能方面考虑铝电解电容器的选择	(423)
8.1.1 对使用环境的适应性	(423)
8.1.2 对外加电压的适应性	(424)
8.1.3 可靠性	(425)
8.2 从尺寸构造方面选择铝电解电容器	(425)
8.3 从价格和货源上考虑选择铝电解电容器	(425)
8.4 铝电解电容器使用注意事项	(426)

附 录

- 附录 1 日本腐蚀铝箔的标准和试验方法……(428)
- 附录 2 日本形成箔的标准和试验法……(458)
- 附录 3 日本电解电容器纸说明书……(480)
- 附录 4 日本各种电解电容器制造机器说明书…(493)

第一章 电容器概述

1.1 电容器的定义

所谓电容器，就是由中间夹有电介质的两块金属板构成的元件。

当两极板分别带有等量异种电荷 Q 时，若两极间电位差为 U ，则两者之比称为电容器的电容量或简称容量。用式子表示：

$$C = \frac{Q}{U}$$

式中， C —法拉、 Q —库仑、 U —伏特。

1.2 电容器原理

当间隔为 d 平行板电极的相对面积为 S ，电介质的介电常数为 ϵ 时，则电容器的静电容量 C 为：

$$C = \frac{\epsilon S}{3.6\pi d}$$

当两极板间没有电介质，为真空时，设介电常数 $\epsilon = 1$ ，此时任何电介质的介电常数 $\epsilon > 1$ 。这是因为在两极板间施加

直流电压时，在直流电场作用下，使电介质产生极化，电偶极子开始有序向排列，在两极板上产生束缚电荷。这种情况下电容器静电容量为真空下的 ϵ 倍。如图 1.1 所示。

(a) 无电介质的空气或真空情况 (b) 有电介质的情况

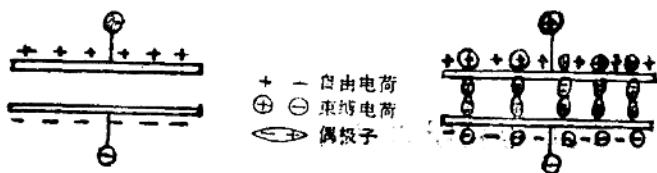


图 1.1

1.3 电容器的种类

电容器的种类很多，按其元件介质属性分类如表 1.1 所示。

表 1.1 电容器种类

元件属性	电容器种类	主要电介质	主要电极
无机介质电容器	真空电容器	—	金属板
	固定空气电容器	空气	金属板
	可变空气电容器	空气	金属板
无机介质电容器	云母电容器	云母片	烧附金属或金属箔
	瓷介电容器	氧化钛、钛酸钡陶瓷	烧附金属
	玻璃电容器	玻璃膜	烧附金属
	半导体陶瓷电容器	境界层半导体陶瓷	烧渗金属