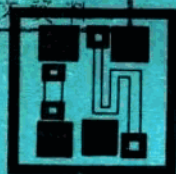


北京图书馆藏

15824



集成电路基础

上册

L. 斯特恩

上海无线电二十九厂

内 容 简 介

本书对各种集成电路作了简明的、系统的介绍，内容比较浅显易懂，是集成电路技术方面的一本基础性读物。全书共有十二章。主要包括：基本半导体理论， $p-n$ 结特性，晶体管原理，单片、薄膜、混合和其他集成电路，讲述了它们的结构、分析、设计、布局和封装，粗略地介绍了大规模集成电路。

本书可供从事集成电路工作的工人、技术人员、科研人员和有关大专院校师生参改。

译 序

本书系根据美国莫托洛拉公司出版的固态电子学丛书之三——集成电路基础一书译出。这套丛书的其他二本(集成电路设计原理和制造以及集成电路的分析和设计)已分别译出。

本书讨论了各种集成电路的制造技术以及它们对电路设计和性能的影响。全书共分十二章。第一章回顾了集成电路的工艺情况,介绍了各种集成电路结构,讨论了各种结构的优缺点,并预计了集成电路工艺对各工业部门的影响。第二章讨论了半导体材料硅的性质。在第三章中,作者阐述了 $p-n$ 结的特性及其对单片电路的设计和性能的影响。第四章描述了作为单片工艺基本结构的晶体管的工作原理,作者没有对半导体设计理论作深入的探究,只是讨论了那些对理解集成电路有最重要作用的方面,讨论不是定量而是定性的。

第五章介绍了现在最流行的扩散单片集成电路,说明了这种电路结构的制造细则和各种工艺。这一章还讨论了扩散元件的特性,它们的寄生效应及其设计考虑。薄膜电路的元件特性和制造程序在第六章作了叙述,而第七章介绍了其他集成电路结构,它们包括多片电路、相容电路、单片复合电路和绝缘衬底结构。

封装是研制集成电路的一个重要问题,因此在第八章中讨论了各种标准的封装和工艺,并展望了将来更复杂器件的

目 录

(上 册)

1	电子学的新纪元	1
1—1	工艺学	1
1—2	薄膜电路	3
1—3	半导体单片电路	5
1—4	相容集成电路	7
1—5	多片(混合)集成电路	8
1—6	绝缘衬底单片电路	12
1—7	集成电路的优点	12
1—8	集成电路对工业的影响	22
1—9	集成电路现状	27
2	基本半导体理论	32
2—1	硅原子	32
2—2	晶体结构	33
2—3	电子和空穴	34
2—4	电阻率	38
2—5	电阻	41
2—6	硅中的杂质浓度	41
2—7	p-型材料	42

2—8	n-型硅	44
2—9	杂质材料的电阻率	44
2—10	含杂质硅中少数载流子的浓度	45
2—11	小结	46
3	p-n结的特性	48
3—1	整流	48
3—2	整流器作用	51
3—3	p-n结的电容效应	54
3—4	p-n结的电压击穿	58
3—5	小结	62
3—6	结论	63
4	晶体管基础	64
4—1	晶体管的作用	64
4—2	信号放大	69
4—3	晶体管的频率响应——普通情况	78
4—4	共发射极电路的频率响应	81
4—5	晶体管的物理特性对电学性能的影响	82
4—6	晶体管基础概要	87
4—7	晶体管的发展	88
4—8	合金晶体管	89
4—9	台面晶体管	93
4—10	外延台面	96
4—11	硅外延平面晶体管	97
4—12	环形晶体管	99

4—13	集成晶体管·····	101
5	单片集成电路 ·····	102
5—1	扩散——一种重要的工艺·····	105
5—2	选择扩散·····	108
5—3	制造工艺程序·····	113
5—4	封装·····	121
5—5	扩散单片电路的元件·····	125
5—6	单片电路的有源元件·····	125
5—7	全扩散单片电路的晶体管·····	126
5—8	单片电路的二极管·····	130
5—9	无源半导体元件·····	131
5—10	扩散的硅电阻器·····	132
5—11	单片电路中的扩散电阻·····	134
5—12	扩散电容·····	142
5—13	单片半导体电路的特性·····	150
6	薄膜集成电路及其特性 ·····	152
6—1	薄膜元件·····	153
6—2	电阻·····	153
6—3	电容·····	155
6—4	工艺过程·····	156
6—5	有源元件的连接·····	160
6—6	优点和局限性·····	162
7	混合集成电路和其他集成电路结构 ·····	165

7—1	多片电路.....	165
7—2	多片电路的扩散电阻.....	166
7—3	多片电路的扩散结电容.....	170
7—4	多片电路的薄膜电容.....	170
7—5	多片电路结构.....	171
7—6	多片电路的应用.....	172
7—7	相容集成电路技术.....	173
7—8	相容集成电路的制造.....	174
7—9	可靠性考虑.....	178
7—10	复合集成电路.....	180
7—11	绝缘衬底电路.....	181

目 录

(下 册)

8	集成电路的封装	185
8—1	电路的封装	186
8—2	TO-型封装	186
8—3	扁平封装	188
8—4	塑料封装	190
8—5	实际封装的考虑	192
8—6	封装测试	195
8—7	系统封装	200
8—8	未来的封装趋向	202
9	标准集成电路的分析	207
9—1	集成电路设计原理	207
9—2	标准数字电路	208
9—3	饱和开关	216
9—4	主要饱和逻辑系列介绍	219
9—5	电流型逻辑	231
9—6	标准线性电路	236
9—7	一个基本的电路	237
9—8	基本差分放大器的工作	238

9—9	差分放大器的重要特性.....	241
9—10	实用的线性集成电路.....	242
9—11	一个简单的差分放大器.....	243
9—12	全差分放大器级.....	246
9—13	达林顿电路.....	248
9—14	温度补偿.....	251
9—15	运算放大器.....	251
9—16	标准运算放大器.....	253
9—17	稳定的运算放大器.....	255
9—18	射频/中频放大器.....	257
9—19	1瓦集成功率放大器.....	261
9—20	宽带(视频)放大器.....	266
9—21	结论.....	269
10	实际的集成电路设计.....	271
10—1	经济考虑.....	271
10—2	工艺状况.....	274
10—3	单片电路设计入门.....	278
10—4	最初的设计考虑.....	284
10—5	什么能够被集成?.....	285
10—6	管壳类型.....	287
10—7	电路设计——自由处和限制处.....	293
10—8	有效元件值.....	295
10—9	模拟试验和测试.....	295
10—10	设计例子.....	299
10—11	设计周期.....	311

11	单片电路布局原理	314
11—1	研制模拟电路	315
11—2	内部布局考虑	316
11—3	元件图形	317
11—4	设计隔离区	319
11—5	电路布局	324
11—6	设计原则小结	329
12	大规模集成	334
12—1	达到大规模集成的方法	334
12—2	选择布线	335
12—3	大规模集成的多单元方法	339
12—4	计算机辅助设计	341
12—5	大规模集成的技术方面	344
	名词解释	347

8 集成电路的封装

在集成电路的封装的讨论中，要涉及两种完全独立而又互相关联的工艺。一种是单个集成电路的密封工艺，这种工艺本身涉及很多问题。第二种是将这些密封集成电路装备成包括一个子系统或一个完整的电子学系统的更大型的封装。这种工艺又涉及到一系列的其他问题。然而系统的要求对电路封装类型的选择影响很大，而电路封装的类型又决定系统的形状和元件密度。

目前的集成电路工艺已获得几种“标准”的基本电路封装形式和很多种互连技术，所谓“标准”方法，恰当的说，只不过是一种基本的集成电路封装形式。我们对它的概念基本上仍限于每一封装只封入一个元件，虽然我们对元件的定义已经扩大为一个完整的功能电路，而不是一个单个的元件。最后，由于半导体工艺和薄膜工艺同样在不断发展，并且新工艺不断从实验室中出现，可以预料一个十分可靠的完整的系统封装成一个包罗所有元件的单个封装实际上是可以制成的。

在这方面正在进行大量的研究，并且为要达到这一最终的目的，有些研究是颇费苦心的。这些将留在本章的后面讨论。而本节主要是侧重更现成的电路封装和系统封装方法，并涉及到作出初步选定的一些考虑。并且，这些讨论仅限于

单片集成电路的形式。

8—1 电路的封装

封装的目的有四个方面：

1. 保护敏感的半导体器件，免受任何能使电路性能变坏的恶劣环境的影响。

2. 提供适当的机械保护。

3. 为多个电路间的互联提供方便的途径。

4. 起着散热装置的作用，有效地发散内生热。

目前在工业上常用的封装形式有三种，即一般晶体管的T O-型封装、扁平封装、和双列直插式塑料封装。每种封装都有其固有的特征，各适合于某种特殊目的。前两种是气密式密封，能在较宽的温度范围内可靠地工作；第三种是为在较低温度下工作的电路设计的，因为它的成本较低，所以其应用范围日趋扩大。

8—2 T O-型封装

T O-型封装的主要特征是它的可靠性历史长。作为一个晶体管密封，这种封装通过了数以十亿小时计的寿命试验，证明它符合最严格的军用可靠性的要求。并且，由于它的历史长，已广泛用于晶体管封装，所以它的制造成本比其它的气密式密封成本要低得多。此外，这种基本上为全金属的封装，特别适用于线性集成电路，因为它能大大地减少电磁屏蔽问题。

典型的T O-型集成电路封装的各个部件及最后装配图示于图8—1。这个系统的基本部件是一个周围具有10个等

距离排列的圆孔的金属底板，借助于支架的作用使金属引线置于孔的中央而不与周围任何的金属部分接触。然而在此装置上放上玻璃小球，并加热此系统，使玻璃熔化，从而使引线牢固地烧结在孔的中间。这种有孔金属板与引线装配成的部件通常叫做“底座”。然后将底座镀金，并将集成电路硅片的背面也镀金，用一个金锗焊片将它焊在底座上。这一工

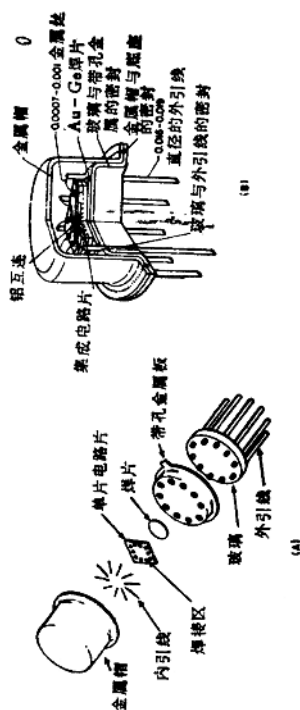


图8—1 10根外引线的TO—封装：(A)剖视图，(B)装配设计。

序是将底座加热使位于底座中央的焊片熔化。然后将电路片置于熔融的焊剂上，使之冷却，以便在底座与电路片间形成牢固的金键。

在电路片的焊接区和底座管脚之间连接所需的金属丝以后，进行TO—型集成电路的最后一道装配工序。即将金属帽密封到底座上，给电路本身提供一个防漏的保护环境。对于这项操作来说，热焊与冷焊技术都已成熟，并已证明其密封可靠性都很高。此外，其他的焊接法，如超声焊接和激光焊接都正在经受考验，对于某些方面的应用，已可提供一些优点。

8—3 扁平封装

密封半导体器件的扁平封装是近年来才发展起来的，自从出现了集成电路以后才被广泛使用。玻璃、陶瓷、金属等很多种材料都已用来制作这种封装。常用的典型电路封装结构示于图8—2。这种类型的结构仅由三部分组成：一个



(A)

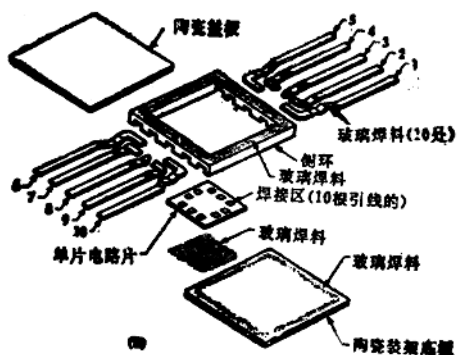


图 8—2 典型的陶瓷扁平封装：(A)带支架的外引线结构，(B)结构分图。

制成城墙形状作为外引线支架的箱式陶瓷装架基座，由一片

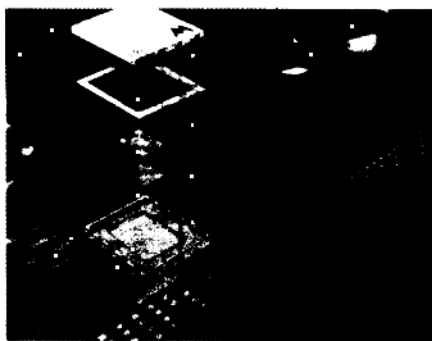


图 8—3 将扁平封装的集成电路沿着传送带送入封接炉中。

金属片制成的外引线（其周围有一个方框作为引线本身的支架，这个方框以后是要剪掉的），及一块陶瓷盖板。焊接玻璃是低熔点玻璃，用来将各部分焊接并封入密封的外壳中。操作方法如下：

1. 将悬浮在液体中的粉末状的焊接玻璃，放在陶瓷体的凹陷处，并放上引线。再在每根引线顶部加上少许焊接玻璃。并将此结构置于炉中在 400°C — 500°C 的温度烧结固合，参看图8—3。然后剪去引线框。

2. 采用与将引线焊接到封装上类似的方法和同样的焊接玻璃将单片集成电路片焊在封装的中心。

3. 制作硅片上焊接区与封装外引线间的互连。通常这一步是采用与TO-型集成电路和晶体管制造互连时相同的热压工艺进行。

4. 最后，用上述焊接玻璃将陶瓷盖板与此装置相焊接。最后这一道工序是在严格控制的无沾污气氛中进行的，并提供良好的气密的密封。

8—4 塑料封装

现在已经出现了很多种其他形式的集成电路封装，有些正在经受考验，有些已经在使用。其中主要的是塑料封装，典型的实例示于图8—4。因为塑料封装的成本比TO-型或扁平封装都要低，所以为工业设备所重视。这种封装没有其他封装所具有的热散能力，不能适应某些军用设备在宽的温度范围内工作的要求。然而在低的温度范围内（通常工业设备没有军用设备中所需极高温规范的要求），塑料封装是完全能胜任的。此外，附加的电路工艺，如在集成电路的通常的

SiO_2 钝化膜上沉积一层厚的玻璃保护层,使电路片本身更不易受外界恶劣环境的影响,这样只需要塑料封装来提供机械保护。因此塑料封装集成电路,从成本低这一点看来,是会被广泛采用的。

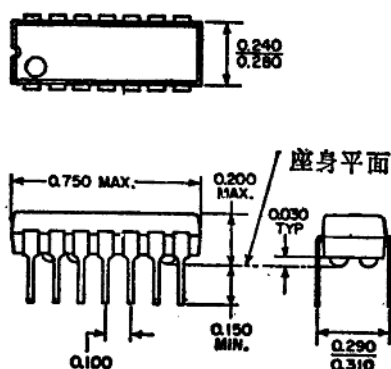


图 8—4 塑料封装集成电路分图。自由插孔式和低成本工艺的双列直插式引线结构(理想的插入式电路)为工业和消费生产设备提供了一种理想的封装。

当然,任何新型封装无保留地在工业上被采用是一个长期的过程。甚至在要求不太严格的工业应用上也必须要有一个经长期试验或应用的可靠史。如不考虑到塑料封装成本低这一优点,的确在某些时候现有的T O-型和扁平封装仍为重要的封装形式。