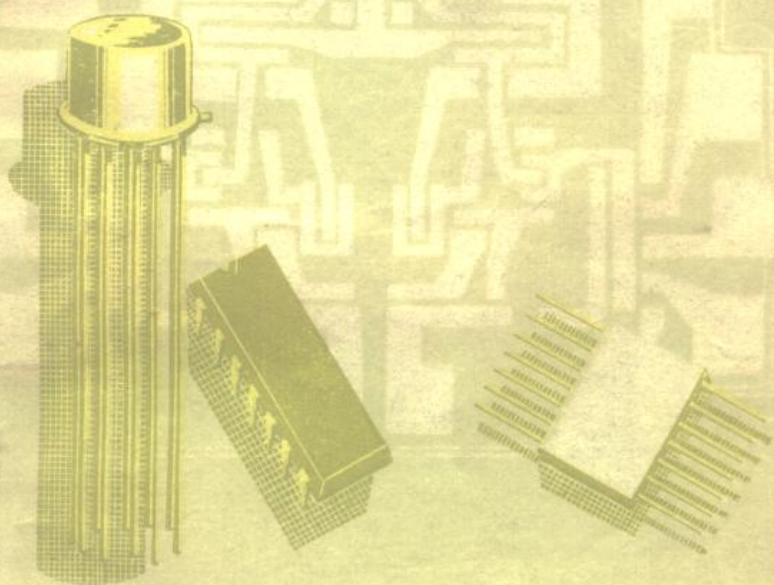


电信技术普及丛书



半导体集成电路

邮电五〇八厂编写组

人民邮电出版社

电信技术普及丛书

半导体集成电路

邮电五〇八厂编写组

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书介绍半导体集成电路的基本知识。首先讲述集成电路的基本概念和生产工艺,说明它和分立元器件相比的一些特点,然后分别介绍数字集成电路、模拟集成电路和金属-氧化物-半导体(MOS)集成电路的工作原理,举了一些常用集成电路的例子。最后简单介绍了一些应用集成电路常识。可供有一些电信基本知识的工人、干部和有关专业人员阅读。

电信技术普及丛书

半 导 体 集 成 电 路

邮电五〇八厂编写组

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷三厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/32 1977年7月第一版
印张: 9 页数: 144 1977年7月北京第一次印刷
字数: 205千字 印数: 1—45,000册

统一书号: 15045·总2158—无628

定价: 0.72元

73

00

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

出 版 者 的 话

无产阶级文化大革命是推动我国邮电通信发展的强大动力。在毛主席的无产阶级革命路线指引下，广大邮电职工以阶级斗争为纲，坚持独立自主、自力更生的方针，认真贯彻执行**鞍钢宪法**，深入开展**工业学大庆**运动，使我国邮电通信的建设和电信技术的研究、应用和推广得到迅速发展。广大电信工人和干部希望了解有关电信新技术知识，以便尽量采用先进技术，加速邮电建设的步伐。

为此，我们在有关部门党组织的领导与支持下，依靠广大工农兵群众，以组织三结合编写组为主，编写了“电信技术普及丛书”，陆续出版。

我们要以马列主义、毛泽东思想为指导，出版好这套丛书。努力运用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，密切结合三大革命运动的实践，做到内容正确，概念清楚，深入浅出，通俗易懂，适合具有一些电信基本知识的工人和干部阅读。恳切希望广大读者对本书提出批评和建议。

一九七六年九月

前 言

伟大领袖毛主席指出：“无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。”正是史无前例的无产阶级文化大革命极大地激发了亿万人民的社会主义积极性，有力地推动了我国社会主义革命和建设事业的蓬勃发展，呈现出“到处莺歌燕舞”，生气勃勃，欣欣向荣的景象。

和全国各条战线一样，电子工业部门的广大工人、革命干部和革命技术人员，在毛主席无产阶级革命路线的指引下，以阶级斗争为纲，认真贯彻“鞍钢宪法”，坚持独立自主、自力更生的方针，革命搞得轰轰烈烈，生产蒸蒸日上。新材料、新技术、新工艺、新产品不断涌现。集成电路这一新型器件，就是在无产阶级文化大革命的凯歌声中迅速发展起来的。

集成电路由于其体积小、重量轻、耗电省和可靠性高等优点，已成为电子设备微型化和提高工作可靠性的重要途径。在电子计算机、导弹、雷达、人造卫星中，集成电路占有重要地位。在邮电通信部门，集成电路的生产和应用，也得到了迅速的普及和发展。各地广大邮电职工正在研制、生产和使用着各种集成电路通信设备和程序自动控制设备，为加速实现邮电通信现代化而努力奋斗。在这一大好形势下，越来越多的邮电工人、管理干部和有关专业人员希望了解和学习集成电路的知识。为了满足这一要求，我们在厂党委的领导下，组织了以工人为主体的三结合编写小组，编写了这本普及读物。书中首先讲述集成电路的基本概念和生产工艺，说明它和分立元器件相比的一些特点；然后分别介绍数字集成电路、模拟集成电路和

金属—氧化物—半导体(MOS)集成电路的工作原理。举了一些常用电路的例子，最后简单介绍了一些应用集成电路的常识。

本书在编写过程中，曾征求了一些工人、技术人员和在我厂开门办学的北京邮电学院教师的意见，进行了多次修改，并组织了三结合审读小组，对书稿进行了审读，提出了宝贵意见，使本书能更好地为工农兵服务。另外，有关单位和不少同志对编写本书给予大力支持和热情帮助，在此谨表示诚挚的谢意。

由于我们马列主义、毛泽东思想水平不高，知识有限，又没有写书经验，本书会有不少缺点和错误，希望读者批评指正。

邮电五〇八厂《半导体集成电路》三结合编写组

1976.6

目 录

一、什么是半导体集成电路.....	(1)
1. 从晶体管到集成电路.....	(1)
2. 集成电路有几种.....	(3)
3. 半导体集成电路的分类.....	(9)
4. 半导体集成电路的优越性.....	(12)
二、半导体集成电路是怎样制造出来的	
1. 显微镜下的集成电路.....	(15)
2. 硅平面工艺介绍.....	(17)
(1) 平面工艺中的主角——硅.....	(17)
(2) 向半导体中掺杂——扩散工艺.....	(23)
(3) 奇妙的二氧化硅层——热氧化工艺.....	(27)
(4) 半导体器件生产中的“印相”技术——光刻 工艺.....	(29)
(5) 制作电极引线——真空镀膜工艺.....	(30)
(6) 提高器件性能的措施——外延工艺.....	(31)
3. 硅外延平面管的制造过程.....	(33)
4. 制造半导体集成电路要解决的特殊问题.....	(38)
(1) 隔离.....	(38)
(2) 隐埋.....	(42)
(3) 元器件的制作.....	(43)
(4) 集成电路中的铝引线.....	(47)
5. 半导体集成电路的制造过程.....	(48)
三、怎样把一个电路变成集成电路.....	(56)

1. 集成电路中元器件的特点.....	(56)
(1) 电阻.....	(56)
(2) 电容.....	(58)
(3) 晶体管.....	(59)
(4) 二极管.....	(61)
2. 集成电路中的寄生效应.....	(63)
(1) 寄生 PNP 晶体管.....	(63)
(2) 寄生 NPN 晶体管.....	(64)
(3) 寄生电容.....	(65)
3. 集成电路设计上的特点.....	(65)
(1) 制作不同集成电路的区别是什么.....	(65)
(2) 多用晶体管, 少用电阻电容.....	(67)
(3) 利用元器件的对称性, 降低对元器件精度 的要求.....	(68)
4. 一个电路集成化的步骤.....	(69)
5. 怎样把电路变成“底版”.....	(70)
四、数字集成电路.....	(76)
1. 数字电路中的几个有关问题.....	(76)
(1) 数字电路和模拟电路.....	(76)
(2) 二进制数.....	(77)
(3) 用作开关的晶体管.....	(80)
2. 基本逻辑电路.....	(87)
(1) 或门.....	(87)
(2) 与门.....	(90)
(3) 非门.....	(92)
(4) 与非门, 或非门.....	(94)
3. 二极管-晶体管逻辑电路(DTL 电路).....	(96)

(1) DTL 与非门的工作原 理	(97)
(2) 实用 DTL 与非门	(98)
(3) DTL 驱动器	(101)
(4) DTL 扩展器	(104)
4. 晶体管-晶体管逻辑电路 (TTL 电路)	(106)
(1) TTL 与非门的工作原 理	(106)
(2) 实用 TTL 与非门	(110)
(3) 浅饱和 TTL 与非门	(112)
(4) 抗饱和 TTL 与非门	(114)
(5) TTL 扩展器	(116)
5. 发射极耦合逻辑电路 (ECL 电路)	(118)
(1) ECL 电路的工作原 理	(118)
(2) 实用的 ECL 电路	(121)
6. 高抗干扰逻辑电路 (HTL 电路)	(124)
7. 集成电路触发器	(125)
(1) R-S 触 发 器	(126)
(2) D 触发器	(133)
(3) J-K 触 发 器	(137)
8. 数字集成电路的参数及其测量	(147)
(1) 门电路的转移特性	(147)
(2) 门电路的参数及其测试	(149)
(3) 触发器的参数及其测量	(156)
9. 数字集成电路应用举例	(159)
(1) 用与非门组成其他基本逻辑电路	(159)
(2) 用与非门组成振荡器	(161)
(3) 用与非门组成单稳态触发器	(164)
(4) 用触发器组成的计数器	(166)

(5) 移位寄存器·····	(171)
(6) 译码器·····	(172)
五、模拟集成电路·····	(175)
1. 模拟集成电路的种类和特点·····	(175)
2. 差动放大电路·····	(177)
(1) 差动放大原理·····	(178)
(2) 晶体管恒流源电路·····	(182)
(3) 差动放大电路的各种接法·····	(185)
3. 集成直流放大器·····	(187)
(1) 直流放大器的漂移·····	(187)
(2) 直流放大器中的电平配置·····	(188)
(3) 中增益运算放大器电路介绍·····	(191)
(4) 运算放大器的主要参数及其测量方法·····	(195)
(5) 运算放大器的应用举例·····	(200)
4. 集成宽带放大器·····	(204)
5. 集成稳压电源·····	(210)
六、金属-氧化物-半导体 (MOS) 集成电路·····	(217)
1. MOS 场效应晶体管·····	(217)
(1) N型沟道 MOS 晶体管·····	(217)
(2) P型沟道 MOS 晶体管·····	(221)
(3) MOS 晶体管的输出特性·····	(224)
2. MOS 集成电路的特点·····	(227)
(1) 用 MOS 晶体管代替电阻·····	(228)
(2) “天然”的隔离·····	(229)
(3) “地下铁道”式接线·····	(230)
3. MOS 集成电路的基本逻辑电路·····	(231)
(1) MOS 晶体管作负载的反相器电路·····	(231)

(2) MOS 与非门电路.....	(235)
(3) MOS 或非门电路.....	(236)
(4) MOS 触发器电路.....	(237)
(5) MOS 存储器.....	(241)
七、集成电路应用常识.....	(246)
1. 半导体集成电路型号命名方法.....	(246)
2. 一些常用国产集成电路型号.....	(253)
(1) 二极管-晶体管逻辑电路 (DTL 电路) ...	(253)
(2) 晶体管-晶体管中速逻辑电路 (TTL 中速 电路)	(254)
(3) 晶体管-晶体管高速逻辑电路 (TTL 高速 电路)	(255)
(4) 高抗干扰逻辑电路 (HTL 电路).....	(256)
(5) 模拟电路.....	(257)
(6) MOS 电路	(258)
3. 集成电路的外壳和管腿识别.....	(259)
4. 集成电路使用说明.....	(264)
5. 集成电路的可靠性和筛选.....	(267)
6. 集成电路的焊接与安装.....	(272)
结束语.....	(275)

一、什么是半导体集成电路

1. 从晶体管到集成电路

晶体管是大家比较熟悉的一种电子器件。晶体管和电子管相比较，具有体积小、重量轻、寿命长、耗电省等优点。由于采用了晶体管，收音机可以缩小到放入手掌中，许多电子设备、仪表的体积和耗电可以缩小几十倍。晶体管为电子设备小型化提供了有利条件，因而在一些方面逐步取代了电子管。但是，随着人造卫星、导弹、电子计算机等科学技术的发展，晶体管的应用就遇到了新的矛盾。例如：在计算机和人造卫星等装置上需要大量电子设备，要求这些设备尽量缩小体积，减轻重量，减少耗电，安全可靠等。在现代大型电子计算机中，采用元器件数量达几十万，几百万之多！随着元器件数量的增多，元器件之间焊接点的数量也随之增多，这些元器件或焊点只要有一个损坏，一台机器就会无法工作。这就突出地要求元器件寿命更长，工作更可靠。为了解决上述这些矛盾，人们首先从缩小元器件尺寸和进行高密度的组装入手。例如，把晶体管做成芝麻大小的“芝麻管”，或是把两个晶体管芯片封入同一外壳之内做成对称管。以后又将一个个元件做在一定规格的基片之上，然后进行重叠立体布线，成了微模型组件结构。为了使器件可靠地工作，对器件进行精心挑选，等等。这种小型化，高可靠的方法仍然是应用了原有电路概念，以超小型分立元器件和紧凑的装配为前提。但是这种方法是有一定限度的，

单单靠这种方法不能完全解决上述矛盾。

社会一旦有技术上的需要，则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。为了进一步缩小电子设备的体积，提高它们的可靠性。人们通过反复的实践研究，提出了一种新的设想。如果把某一电路中所需要的晶体管、二极管、电阻和电容等元器件，都制作在一个（或几个）基片上，并使它们之间相互连接直接构成一个完整的电路，封装在一个管壳之内，那么，整个电路的体积就可以缩小很多，而且连接线和焊接点的数目也可以大大减少。硅平面技术和薄膜工艺的发展给实现这一设想提供了条件，这样就逐步出现了一种新型的电子器件——集成电路。

图 1.1 是一个集成电路和一个晶体管的照片。可以看到，它们的大小是相差不多的。但是右边这个集成电路中包括10个晶体管和11个电阻，并且已经在内部联成了一个完整的电路。

用这样的集成电路装配的电子计算机或其他电子设备，和用晶体管相比，体积可以缩小几倍、几十倍到几百倍，而设备

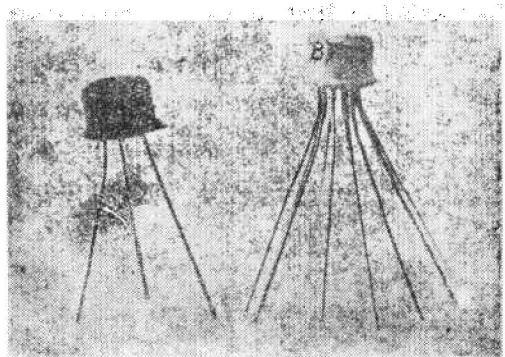


图 1.1 集成电路和晶体管的比较

的稳定工作时间可以提高几十倍到几百倍。这在电子设备微小化和高可靠性的发展进程中，可以说是一个很大的突破。其所以这样，不仅是由于集成电路具有元器件尺寸大大缩小的微型结构，而且还由于在集成电路中，元器件和电路是合为一体的。这是集成电路的一个显著特点。它冲破了传统的以分立元器件组装焊接而成电路的旧观念。在这里，具有某一功能的整个电路可以由一个集成电路构成。

2. 集成电路有几种

根据制造工艺的不同，集成电路目前主要有三大类型：膜集成电路，半导体集成电路和混合集成电路。以下我们就三种类型的集成电路作一简单介绍。

a. 膜集成电路

根据工艺方法及膜厚的不同，又可分为厚膜集成电路和薄膜集成电路两类。

厚膜集成电路是利用丝网漏印的方法（即相似于利用油墨和蜡纸进行印刷的方法），在绝缘基片上（陶瓷或玻璃），放上预先做好的漏印板，把电阻材料的印浆通过漏印板印刷在基片上，烘干后就成了厚膜电阻。这种电阻膜的厚度一般有几微米（1微米是千分之一毫米）。通过改变电阻印浆的材料成份以及改变漏印板上的电阻图形的方法，可以得到不同的阻值。利用多层印刷不同材料，可以制作电容器。但是晶体管目前尚不能用这种方法制造。电路中所需的晶体管是利用了硅平面管的管芯硅片，然后和相应元件焊接起来。一块厚膜电路的整个电路联线，是利用漏印法涂印金属印浆而制成。图 1.2 给出了

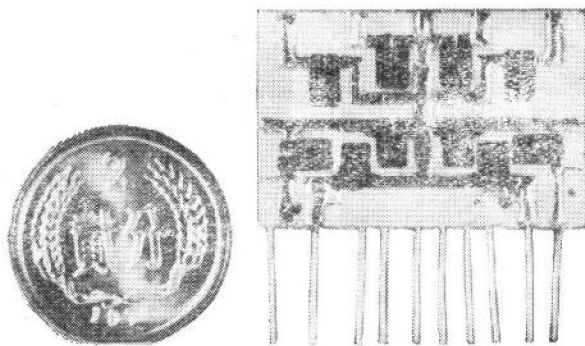


图1.2 厚膜集成电路

一个未封装的厚膜集成电路的照片。

薄膜集成电路是以微晶玻璃片或陶瓷片为基片，主要采用真空镀膜或溅射的工艺方法，在基片表面依次蒸发多层薄膜相互重叠而构成电路。薄膜的厚度一般都不超过1微米。根据电路元件的需要，蒸发的材料有金属、半导体、金属氧化物等。例如制造电阻薄膜的蒸发材料是镍铬合金或钽等。制造薄膜电容的电介质材料是二氧化硅、一氧化硅、五氧化二钽或二氧化钛等。制造电容器的极板，是利用蒸发的铝薄膜来实现的。薄膜电路中的晶体管，有两种方式制造，一种是利用蒸发工艺在制造薄膜元件的同时制造的薄膜晶体管（目前薄膜晶体管的制造工艺尚不成熟）。另一种是以硅平面管的管芯硅片装在相应基片位置上，再和其他薄膜元件联接起来。在薄膜集成电路中，是用金属铝膜把相应元件联接起来的。最后把制好的电路片封装在特定的外壳之内。图1.3给出了一个未封装的薄膜



图1.3 薄膜集成电路

集成电路的照片。

膜集成电路中的各种元件（电阻、电容），数值范围可以做得较宽，元件数值的精确度比较高，而元件与元件之间的绝缘性能较好。因此，这种集成电路适宜制作具有较高精度、高阻值电阻和较大容量电容器的线性放大电路。但是膜集成电路的制造工艺比较麻烦，且不利于大规模工业化生产。在可靠性和成本方面，也不及半导体集成电路优越。

6. 半导体集成电路

半导体集成电路是以半导体单晶为基础材料（目前主要是用硅单晶材料），以制造硅平面晶体管的平面工艺为基本工艺，把晶体管、二极管、电阻电容等制作在同一硅片之上，并且相互联接形成一个完整的电路。电路中的电阻主要是利用掺入一定杂质量的半导体电阻，根据阻值大小，电阻的形状可以是各不相同的。电路中的电容是利用半导体 PN 结电容，或是用二氧化硅层为电介质而做成电容。电路中的电阻电容是在制作晶体管的同时制造的。半导体集成电路中的晶体三极管都是