

电机工程手册

第 42 篇 集成电路

(试 用 本)

机械工程手册
电机工程手册

编辑委员会



机械工业出版社

73.21073
210
42:1

电机工程手册

第42篇 集成电路

(试 用 本)

机械工程手册 编辑委员会
电机工程手册

3652/59



机械工业出版社

本篇重点介绍机械工业自动化和仪表方面常用的半导体集成电路,全篇共分八章,分别叙述半导体集成电路的结构和制造工艺、双极型和 MOS 型数字集成电路、线性和非线性模拟集成电路、集成电路的可靠性及使用注意事项等。

本篇可供广大机电工人、技术人员和干部在技术革新中查阅参考。

电 机 工 程 手 册

第 42 篇 集 成 电 路

(试 用 本)

一机部机械院机电研究所 主编
沈 阳 仪 表 研 究 所

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 6·字数 155 千字

1978 年 1 月北京第一版·1978 年 1 月北京第一次印刷

印数 00,001—82,000·定价 0.48 元

*

统一书号: 15033·4481

毛主席语录

人类的历史，就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。这个历史永远不会完结。在有阶级存在的社会内，阶级斗争不会完结。在无阶级存在的社会内，新与旧、正确与错误之间的斗争永远不会完结。在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

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。

编辑说明

(一) 我国自建国以来，特别是无产阶级文化大革命以来，机械工业在伟大的领袖和导师毛泽东主席的无产阶级革命路线指引下，坚持政治挂帅，以阶级斗争为纲，贯彻“**独立自主、自力更生**”的方针，取得了巨大的成就。为了总结广大群众在生产和科学技术方面的经验，加强机械工业科学技术的基础建设，适应实现“四个现代化”的需要，我们组织编写了《机械工程手册》和《电机工程手册》，使出版工作更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务。

(二) 这两部手册主要供广大机电工人、工程技术人员和干部在设计、制造和技术革新中查阅使用，也可供教学及其他有关人员参考。《手册》在内容和表达方式上，力求做到深入浅出，简明扼要，直观易懂，归类便查，以便广大机电工人使用，有利于工人阶级技术队伍的发展和壮大。

(三) 这两部手册是综合性技术工具书，着重介绍各专业的理论基础，常用计算公式，数据、资料，关键问题以及发展趋向。在编写中，力求做到立足全局，勾划概貌，反映共性，突出重点。读者在综合研究和处理技术问题时，《手册》可起备查、提示和启发的作用。它与各类专业技术手册相辅相成，构成一套比较完整的技术工具书。《机械工程手册》包括基础理论、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品六个部分，共七十九篇；《电机工程手册》包括基础理论、电工材料、电力系统与电源、电机、

· 33050

输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化七个部分，共五十篇。

(四) 参加这两部手册编写工作的，有全国许多地区和部门的工厂、科研单位、大专院校等五百多个单位、两千多人。提供资料和参加审定稿件的单位和人员，更为广泛。许多地区的科技交流部门，为审定稿件做了大量的工作。各篇在编写、协调、审查、定稿各个环节中，广泛征求广大机电工人的意见，坚持实行工人、技术人员和领导干部三结合的原则，发挥了广大群众的智慧和力量。

(五) 为了使手册早日与读者见面，广泛征求意见，先分篇出版试用本。由于我们缺乏编辑出版综合性技术工具书的经验，试用本在内容和形式方面，一定会存在不少遗漏、缺点和错误。我们热忱希望读者在试用中进一步审查、验证，提出批评和建议，以便今后出版合订本时加以修订。

(六) 本书是《电机工程手册》第42篇，由一机部机械院机电研究所和沈阳仪表研究所共同主编。许多有关单位对编审工作给予大力支持和帮助，特表致谢。

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会编辑组

常用符号表

g_m ——跨导	I_L ——负载电流
I_{ech} ——截止电源电流	I_{OM} ——最大输出电流
I_{ccl} ——通导电源电流	I_{PH} ——选通端低电平输入电流
I_{oh} ——输出漏电流	K_v ——电压放大系数
I_{os} ——输出短路电流	P_{co} ——静态功耗
I_{re} ——输入反向漏电流	P_m ——最大静态功耗
I_{se} ——输入短路电流	R_{in} ——开环输入电阻
N_o ——扇出系数	R_L ——负载电阻
P_{on} ——空载通导功耗	R_o ——开环输出电阻
t_{pd} ——平均延迟时间	S_I ——电流调整率
V_{CC} ——正电源电压	S_r ——转换速率
V_{DD} ——MOS电路电源电压	S_N ——纹波抑制比
V_{EE} ——负电源电压	S_T ——输出电压温度系数
V_{OH} ——输出高电平	S_r ——电压调整率
V_{OL} ——输出低电平	V_{is} ——输入失调电压
V_{on} ——开门电平	V_{icM} ——最大输入共模电压
V_{off} ——关门电平	V_{in} ——最大输入差模电压
V_T ——开启电压	V_{OM} ——最大输出电压
CMRR——共模抑制比	V_{ref} ——参考电压
f_{BW} ——开环带宽	Z_o ——输出阻抗
G_{OL} ——开环电压增益	μ ——载流子迁移率
I_{ib} ——输入偏置电流	ω_0 ——特征频率
I_{is} ——输入失调电流	

目 录

编辑说明

常用符号表

第1章 概 述

第2章 半导体集成电路 的结构、设计和制造

- 1 半导体集成电路的结构.....42-3
 - 1.1 双极型集成电路42-3
 - 1.2 MOS 集成电路42-6
 - 1.3 集成电路的封装外壳42-7
- 2 集成电路的设计要点.....42-7
 - 2.1 电路模拟设计要点42-7
 - 2.2 工艺设计要点42-7
 - 2.3 版图设计要点42-8
- 3 集成电路的制造工艺.....42-8
 - 3.1 前工序42-9
 - 3.2 管芯制造工序42-9
 - 3.3 后工序.....42-15
 - 3.4 技术管理.....42-16

第3章 双极型数字集成电路

- 1 基本逻辑门电路42-17
- 2 二极管-晶体管逻辑(DTL)电路.....42-18
- 3 晶体管-晶体管逻辑(TTL)电路.....42-19
- 4 高阈值逻辑(HTL)电路.....42-19
- 5 触发器42-20
 - 5.1 单稳态触发器.....42-20
 - 5.2 双稳态触发器.....42-20
- 6 逻辑电路参数的测试42-23
 - 6.1 直流参数的测试.....42-23
 - 6.2 交流参数的测试.....42-24

第4章 MOS 场效应数字集成电路

- 1 P-MOS 电路及其应用42-25
 - 1.1 P-MOS 晶体管的工作原理42-25

- 1.2 P-MOS 基本电路42-26
- 1.3 P-MOS 电路的应用举例42-29
- 2 CMOS 电路及其应用42-31
 - 2.1 CMOS 电路的特点.....42-31
 - 2.2 CMOS 基本电路.....42-32
 - 2.3 CMOS 电路的应用举例.....42-35

第5章 大规模集成电路(LSI)

- 1 半导体存储器42-35
 - 1.1 随机存取存储器(RAM)42-36
 - 1.2 只读存储器(ROM)42-36
- 2 逻辑电路42-37
 - 2.1 双极型 LSI 逻辑电路.....42-37
 - 2.2 MOS 型 LSI 逻辑电路42-37
- 3 微处理器42-37
- 4 LSI 电路在仪器仪表方面的应用 ...42-37
- 5 设计制造LSI电路所需具备的条件...42-38
 - 5.1 基础材料.....42-38
 - 5.2 空气净化.....42-39
 - 5.3 计算机辅助设计(CAD)42-39
 - 5.4 计算机对工艺过程实现
自动控制(CAP)42-39
 - 5.5 计算机辅助测试(CAT)42-39

第6章 线性集成电路

- 1 集成运算放大器的基本单元电路 ...42-40
 - 1.1 差分输入电路.....42-40
 - 1.2 恒流源及偏置电路.....42-41
 - 1.3 电平位移电路.....42-42
 - 1.4 输出级电路.....42-43
 - 1.5 有源负载.....42-44
- 2 集成运算放大器的主要参数42-44
- 3 各种集成运算放大器42-45
 - 3.1 低增益运算放大器.....42-45
 - 3.2 中增益运算放大器.....42-45
 - 3.3 高增益运算放大器.....42-47

42-VI 目 录

3-4 高性能运算放大器	42-47
3-5 高精度运算放大器	42-48
3-6 高输入阻抗运算放大器	42-49
3-7 低漂移运算放大器	42-50
3-8 低功耗运算放大器	42-51
3-9 高速运算放大器	42-51
4 集成运算放大器主要参数的 测试方法	42-53
5 集成运算放大器的应用	42-54
5-1 理想放大器	42-54
5-2 直流比例放大器	42-54
5-3 直流运算器	42-55
5-4 电桥放大器	42-58
5-5 电压 $\longleftrightarrow$ 电流变换器	42-58
5-6 线性检波器	42-58
5-7 有源滤波器	42-59
5-8 正弦波发生器	42-59

第7章 非线性集成电路

1 电压调整器	42-60
1-1 集成电压调整器的工作原理	42-60
1-2 电压调整器的基本单元电路	42-60
1-3 电压调整器的主要参数	42-63
1-4 典型集成电压调整器电路	42-64
2 比较器	42-67
2-1 电压比较器	42-67

2-2 电平检出器	42-68
3 磁芯读出放大器	42-69
4 模拟乘法器	42-71

第8章 集成电路的可靠性 及使用注意事项

1 失效率	42-73
2 浴盆曲线	42-73
3 工艺筛选与失效分析	42-73
3-1 检查筛选	42-74
3-2 高压微电流筛选	42-74
3-3 高温直流参数测试和模拟低温参数 测试的动态测试	42-74
3-4 高温存贮	42-74
3-5 温度冲击	42-74
3-6 高温功率老化	42-75
4 使用时要注意的事项	42-75

附录 I 集成电路的外形识别和 型号命名	42-77
-------------------------	-------

附录 II TTL数字集成电路有关 典型参数	42-78
---------------------------	-------

附录 III 常用的集成运算放大器参数表 及电路图	42-79
------------------------------	-------

参考文献	42-84
------	-------

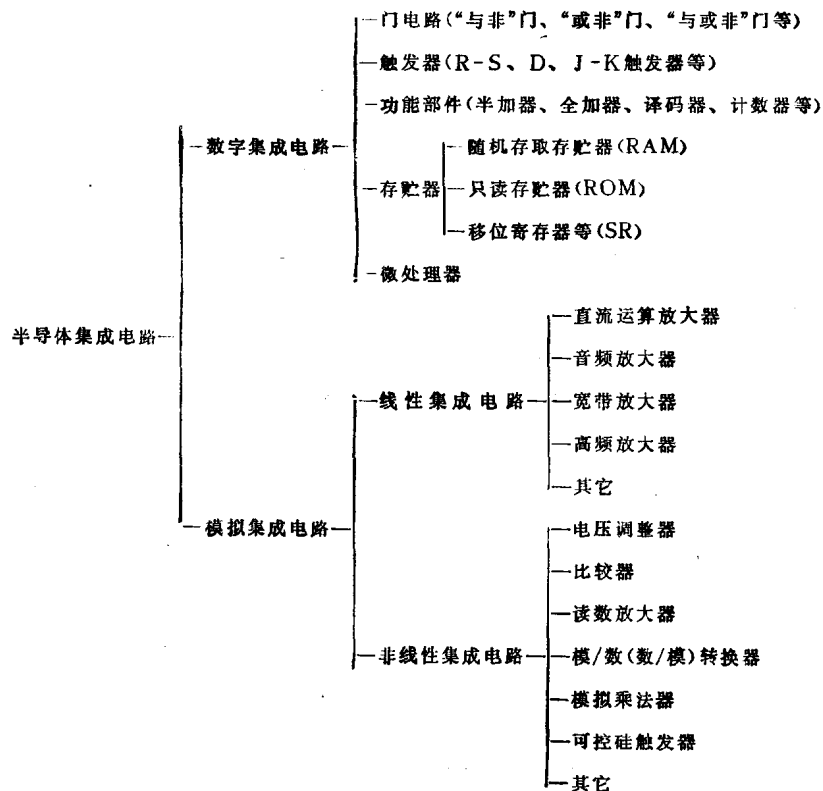
第1章 概 述

集成电路是利用半导体工艺或薄、厚膜工艺把晶体管、二极管、电阻、电容等电路元件制作在同一基片上，并按电路要求互连起来，使其成为具有一定功能的电路。它是继电子管、晶体管之后出现的一种新型电子器件。这种新型器件打破了电路的传统概念，实现了材料、元件、电路三位一体。与分立元件组成的电路相比，集成电路具有体积小、重量轻、功耗低、性能好、可靠性高、成本低等许多优点。因而得到了各方面的重视，发展非常迅速，应用日益广泛。

集成电路按制造工艺的不同，可分为半导体集成电路、薄膜集成电路、厚膜集成电路和混合集成电路等。半导体集成电路是利用平面工艺（氧化、光刻、扩散、外延等）在半导体单晶片上制成的集成电路，也称为单片集成电路。用薄膜工艺（真空

蒸发、溅射等）或厚膜工艺（丝网印刷、烧结等）将电阻、电容等无源元件及互连线制作在同一块绝缘衬底上，再焊接上微小晶体管，使其成为具有一定功能的电路，则称为薄膜或厚膜电路。如果再焊接上单片集成电路则称为混合集成电路。其中发展最快、品种最多、产量最大、应用最广的是半导体集成电路。

半导体集成电路分类方法很多，按有源器件分类可分为双极型、MOS型以及双极-MOS型集成电路；按集成度分类可分为小规模（每片几个门或几十个元件）、中规模（每片几十个门或100个元件以上）、大规模（每片100个门或1000个元件以上）和超大规模（每片10000个门或10万个以上元件）集成电路；按功能分类，可分为数字集成电路和模拟集成电路等，详见下表。



自从六十年代初期研制成功最简单的集成电路以来,集成电路技术得到了极为迅速的发展。集成电路在机械工业各个领域中也已得到广泛的应用,成为仪器仪表、自动化装置、工业控制机及其外围设备的重要基础元件。

工业控制机是各种自动化系统的关键部分,它在机械、冶金、化工、电力装备中的应用越来越普遍。如机械加工的群控,炼钢、轧钢过程自动控制;发电厂的经济运行;输配电的自动调度;石油化工中的流程控制等方面应用工业控制机日益增多。由于生产过程的连续性,要求控制计算机高度可靠。否则就会使生产中断、设备损坏,造成巨大损失。集成电路,特别是中大规模集成电路的应用大大提高了工业控制机的可靠性,从而推动了工业控制机在生产过程中更加普及应用。一般说来工业控制机对运算速度的要求并不太高,常用的中、低速电路如 DTL、TTL、MOS 电路都可以应用。但是由于机械工业现场运行的条件较差,要求集成电路必需有较强的抗干扰能力。因此高阈值电路在恶劣环境中显示了其优越性。微处理器是一种新型的大规模集成电路,由它构成的微型计算机,结构简单,使用方便,运行可靠。既能实现自动测量,又能实现单机控制等。此外,数字化仪表,也都大量需要各种数字集成电路。

工业自动化仪表及计算机外围设备中,广泛地采用了模拟集成电路,它可灵活方便地对各种模拟量进行测量、运算和转换。高性能的集成运算放大器和大规模集成的模数转换器的出现,为自动化仪表更新换貌奠定了基础。

此外,机械工业中还大量应用各种专用集成电路,如照相机曝光自动控制电路,电力拖动中的可控硅触发电路,汽车刹车自动控制电路等。随着集成电路在机械工业中应用的增多,这种专用集成电路的种类、功能、集成度还会不断地发展。

集成电路技术在短短十几年中,不论在多功能、高速度、低功耗方面,还是在高可靠性、高集成度方面,都取得了很大的进展,提高集成电路的功能和可靠性,主要还是从提高集成度的途径来达到。因而对材料的性能、元件的结构,工艺和生产条件的改善,都是围绕着集成度这一中心来发展。所谓打破了分立元件组成电路的传统概念,就是利用“精、微、细”的加工手段,将原来是宏观规模的电路缩小到很小的硅片上。由于这种缩小,使材料、元件和电路的关系更加密切。然而,它并没有从本质上突破电路的概念。因而在集成度的提高方面还受到一定限制。电荷耦合器件(CCD)的出现给我们一种新的启示。它是利用硅材料表面对电荷存贮和传输的功能制成的一种新型器件。这种传输是在微观的晶体中进行,而不需要复杂的扫描电路和内部连线。正是这种器件达到了目前最高的集成度。如果注意利用材料的特性来部分或全部的代替电路功能就会取得更大的突破。沿着这一方向前进,集成电路技术将会得到更大的发展。

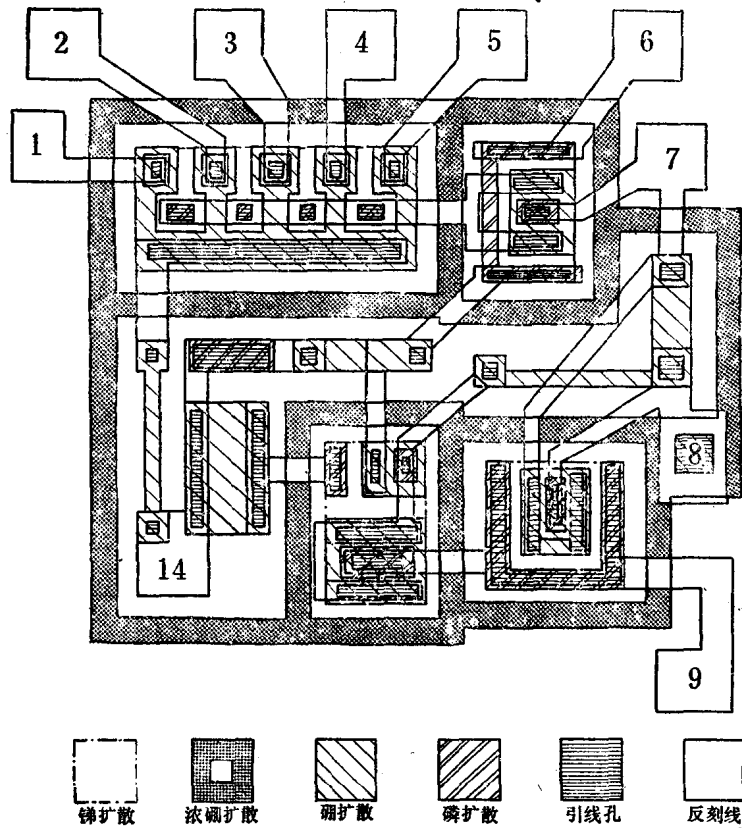
集成电路技术在机械工业方面的应用,现在还仅仅是一个开端,然而可以看到它在提高机械设备的精度和效率,促进机械工业自动化等方面已取得了显著的成效。可以预言,随着这种应用的深入和发展,机械工业技术面貌将会焕然一新。

第2章 半导体集成电路的结构、设计和制造

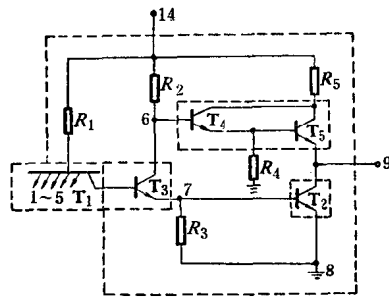
1 半导体集成电路的结构

半导体集成电路是将晶体管、二极管、电阻、电容等电路元件利用平面工艺制作在几个平方毫米的小硅片上,其深度仅在十几微米的表面层内,用

铝条将其互相连接,使之成为具有一定的电路功能(如开关、存贮、计数、运算、放大等)。铝条与硅片表面层内的这些元件之间利用二氧化硅来互相绝缘,各元件互相之间也需要绝缘,称为隔离。图 42-2-1 是集成电路管芯结构及其等效电路图。



a) 管芯平面结构图



b) 等效电路图 (TTL 门电路)

图42-2-1 集成电路管芯结构及其等效电路

1.1 双极型集成电路

双极型集成电路由晶体管、电阻、电容等元件组成。元件之间需要电性能隔离。因此双极型集成电路各元件除结构与分立元件不同外，其隔离技术是它独有的特点。

1.1.1 双极型晶体管

集成电路中的晶体管和分立元件的平面型晶体管相似，都是由平面工艺制成的，它们的符号和结构如图 42-2-2 所示。集成电路中的晶体管（如图 42-2-2 b）是在 P 型硅衬底上先用锑扩散制作一层

$0.04 \sim 0.16 \text{mA}/\mu$

对于逻辑电路一般取 $0.16 \sim 0.4 \text{mA}/\mu$

1.1.2 二极管

集成电路中使用的二极管和晶体管的结构完全相同, 根据用途的不同把晶体管的发射极、基极、集电极组合连接成二极管使用。图 42-2-4 是最常用的连接方式, 把集电极和基极短路, 并和发射极组成二极管。这种接法的优点是没有寄生晶体管效

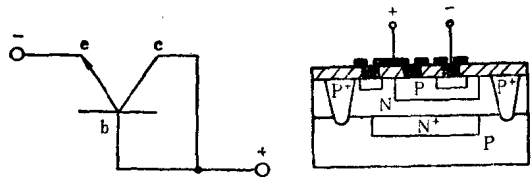


图 42-2-4 集成电路中的二极管

应, 正向压降最低, 开关时间短等。各种连接法的二极管特性见表 42-2-1。

表 42-2-1 各种连接法的二极管特性比较

连接方式					
存储时间	最短	中等	最长	较短	较长
正向压降 (小电流)	最大	小	较小	大	较小
正向压降 (大电流)	最小	较小	大	最大	大
击穿电压 V	6~9	>20	6~9	6~9	>20
特点	存储时间短, 没有寄生晶体管效应	反向电压高	存储时间长	寄生电压小	反向电压高

式制作成的电阻值范围见表 42-2-2。

1.1.3 电阻

集成电路中的电阻一般都是利用制作晶体管时的扩散工艺来完成的, 称为扩散电阻。小电阻用发射极区扩散, 较大电阻用基区扩散, 再大的电阻可用沟道型电阻。沟道型电阻是在基区的上面扩散一层相当于发射极的 N 型区域, 作成两面夹着的薄层结构。图 42-2-5 为三种电阻结构。不同的扩散方

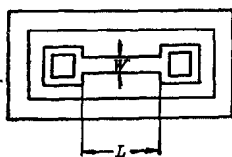
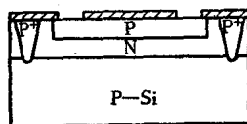
扩散电阻由下式表示:

$$R = R_{\square} \left(\frac{L}{W} + K \right)$$

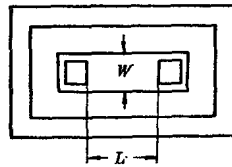
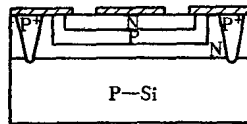
式中 $R_{\square}$ ——扩散区方块电阻 (由工艺决定) 其值见表 42-2-2

L, W ——扩散电阻的长和宽

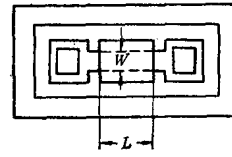
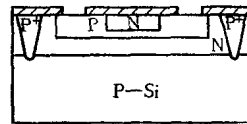
K ——端头校正因子, 当电阻条宽 $\leq 25 \mu$ 时 $K = 0.28 \sim 0.8$



a) 基区 P 型扩散电阻



b) 发射极 N 型区扩散电阻



c) 沟道型电阻

图 42-2-5 电阻的结构

表42-2-2 各种电阻特性比较

电阻型式	阻值范围 Ω	方块电阻 $R_{\square}$ $\Omega/\square$ ①	阻值误差 %	匹配误差 %	温度系数 ppm/ $^{\circ}\text{C}$
发射区扩散电阻	50以下	$\frac{1}{100} \sim \frac{1}{40}$	± 15	± 1	+1500
基区扩散电阻	50~20 k	150~200	± 15	± 1	+1500
沟道夹断电阻	20 k~100 k	10 k~20 k	± 50	± 6	+4000
薄膜电阻(硅锆电阻)	10~1M		± 5	± 1	+100

① $\square$ 为与大小无关的小方块面积。

集成电路中扩散电阻的特点是单个电阻的绝对值的制作精度较差,但两个电阻的阻值比的精度可以做得很高,如果要求单个电阻阻值精度很高、温度特性又好的电阻可采用蒸镀的硅锆电阻。

1.1.4 电容

集成电路中的电容有PN结电容和MOS电容两种。数字集成电路中一般不用电容,模拟集成电路中采用的电容较小,一般多采用MOS电容。MOS电容的结构如图42-2-6所示。

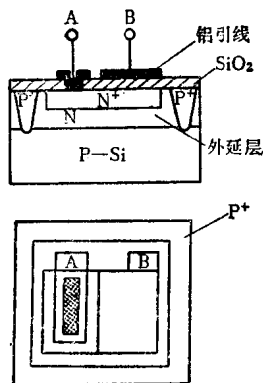


图42-2-6 MOS电容结构

MOS电容的两个电极是铝层和硅片,其间的介质为 SiO_2 。为了减少串联电阻在N型硅片上进行 N^+ 扩散,在实际工艺中是与发射区 N^+ 扩散同时制作的。其电容值约为:

$$C = 3.54 \frac{S}{t} \times 10^{-6} \text{ pF}$$

式中 S ——电容面积 μ^2

t ——氧化层(SiO_2)厚度 μ

1.2 MOS集成电路

MOS集成电路中的元件都是由MOS晶体管构成的。MOS晶体管之间不需隔离,因此MOS集成电路比双极型集成电路结构简单,易于大规模集成。

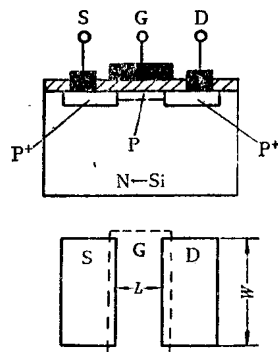


图42-2-7 MOS晶体管结构

MOS晶体管的结构如图42-2-7所示。在N型硅片上扩散两个 P^+ 区,形成源极(S极)和漏极(D极)。在源漏极之间表面生长一层 SiO_2 ,再在这 SiO_2 层上蒸上一层铝称为栅极(G),即成为P型沟道MOS晶体管。如果在P型硅片上扩散 N^+ 区作源漏极而做成的晶体管称为N型沟道MOS晶体管。在源漏极间接上电源,在栅源极之间加零偏压就能导电的晶体管称为耗尽型器件。只有在栅源极之间加上一定偏压值才能导电的晶体管称为增强型器件。

MOS晶体管最主要的参数是开启电压 V_T 、给定栅源电压下的漏源电流 I_{DS} 和跨导 g_m ,它们之间的关系如下:

$$I_{DS} = \frac{\mu \epsilon_{ox}}{2t_{ox}} \frac{W}{L} (V_{SG} - V_T)^2$$

$$g_m = \frac{\mu \epsilon_{ox}}{t_{ox}} \frac{W}{L} (V_{SG} - V_T)$$

式中 V_{SG} ——栅源电压

μ ——沟道中的载流子迁移率,它与单晶硅的取向有关,在 $\langle 100 \rangle$ 面时为最大

ϵ_{ox} ——二氧化硅的介电常数,一般为 3.5×10^{-13} F/cm

t_{ox} ——绝缘栅氧化层厚度,通常为 $1000 \text{ \AA}$ ~ $2000 \text{ \AA}$

L ——沟道长度,通常为 10μ 左右

W ——沟道宽度

而开启电压 V_T 又可用下式来表示:

$$V_T \approx \left(\frac{Q_{ss} + Q_b}{\epsilon_{ox}} \right) t_{ox}$$

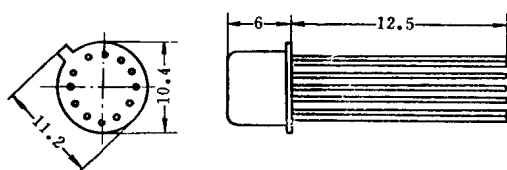
式中 Q_{ss} ——栅极二氧化硅层的正电荷密度,在 $\langle 100 \rangle$ 方向为最低

Q_b ——硅基片材料的体电荷密度,与电阻率成反比

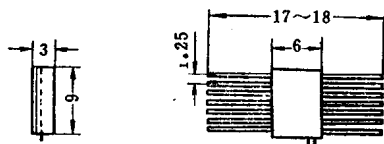
集成电路中 P-MOS 增强型器件的开启电压一般为 $3 \sim 5$ 伏。

1.3 集成电路的封装外壳

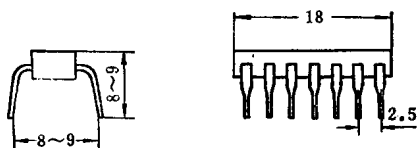
集成电路的封装外壳大致有三种:金属圆壳



a) 金属圆壳型



b) 扁平型



c) 双列直插型

图42-2-8 集成电路的典型外壳

型、扁平型(陶瓷或塑料)和双列直插型。其典型外形举例如图 42-2-8 所示。金属圆壳型封装散热好,可靠性高,但成本也高,使用不大方便;扁平型封装体积小,成本低,但可靠性差,散热也不好;双列直插型封装使用方便,可靠性高,但成本也高。

2 集成电路的设计要点

集成电路的设计包括电路的模拟设计、工艺设计和版图设计三个方面,即首先用分立元件模拟所研制的集成电路的功能,然后确定用什么工艺来制造,最后进行版图设计。

2.1 电路模拟设计要点

估计到将要制造的集成电路的功能水平、成品率、可靠性、通用性,并考虑工艺设计和版图设计,对电路模拟提出以下几方面要求:

(1) 电路元件尽可能少而电路功能水平尽可能高。这有利提高成品率、集成度、可靠性,为整机的高功能水平打下良好基础;

(2) 电路所用元件参数值范围尽可能宽,减少制造工艺和版图布置的困难;

(3) 相互连线、引出线尽可能少,以便减少压焊、测试工作量,为此就要求系统分割和逻辑设计合理;

(4) 由于集成电路中晶体管占用面积小,电阻(特别是双极型电路中的大电阻)、电容占用面积大,所以尽量多用晶体管,少用电阻电容,尤其要少用精度高的电阻和大电容;

(5) 对于器件结构和特性较复杂电路的模拟设计,可采用计算机辅助设计。

2.2 工艺设计要点

工艺设计时要考虑集成电路的下述要求:

(1) 集成电路所要达到的性能(参数)指标;

(2) 电路的复杂性(集成度);

(3) 用途(军用、工业控制、民用等);

(4) 封装型式选择(双列直插式、扁平封装、金属圆壳型封装等);

(5) 可靠性要求;

(6) 采用工艺方案(单片、多片、相容等);

(7) 成本。

根据以上要求,最后确定采用的工艺方案。全扩散单片工艺是最先进最成熟的工艺。这种工艺要求低、制造容易、成本低、可靠性高,对大批量生产的逻辑电路最为合适。对于元件参数精度要求高而数量少的模拟电路,则采用多片式、相容式为好。对于双极型单片电路,采用PN结隔离工艺简单方便,成品率高,成本低。而介质隔离能得到较高性能电路,但加工难度大,成品率低。

2.3 版图设计要点

(1) 对于互相连接的铝条,要求尽可能均匀分布在芯片上,有利于提高硅片利用率并使各部分温升均匀;铝条尽可能短而直,减少划伤断裂的机会,提高成品率和可靠性;铝条避免从晶体管、二极管上面爬过引起耦合和因针孔而短路;电源线、地线和长铝条尽可能宽一些,流过电流大的引线孔也应适当加大,拐角处应适当放宽;输入输出线尽可能不放在相邻位置上防止耦合;

(2) 注意工艺中横向扩散产生的影响,长扩散区产生的电阻对电平的影响;

(3) 交叉跨线越少越好,交叉可用扩散隧道或两层布线方法解决,前者多用于MOS电路,后者多用于双极型电路;

(4) 扩散区、铝条宽度、间距、图形套准精度视电路功能要求、工艺装备、工艺水平而定,以宽裕些为好;

(5) 芯片边缘上要考虑放上工艺检测图案;

(6) 图形布置尽可能规则、对称;

(7) 对于双极型集成电路,隔离区越少越好,为此可将集电极电位相同的NPN晶体管放在一个隔离区内,基极电位相同的PNP晶体管可放在一个隔离区内,PNP管基极和NPN管集电极同电位也可放在一个隔离区内,自身形成了隔离的电阻也可放在一个隔离区内。这样对于提高硅片利用面积和成品率,减小隔离漏电和提高可靠性均有好处。对称晶体管(如线性电路中的差分对管)应放在相邻部位,以提高电路性能;

(8) 对于MOS电路,要有防止因静电感应而引起输入端损坏的保护措施。一般用在源栅极间加雪崩二极管或再加一个串联电阻的方法;

(9) 对于模拟电路,在设计时应考虑引出必要的接头,以便于外接元件,从而增加电路的灵

活性;

(10) 管脚压点分布要符合管壳标准化要求,尽可能分布于芯片四周并将间距拉开,防止封装时键合引线相碰短路。

根据上述设计要点和集成电路各元件的结构即可进行设计。设计图形见图42-2-1。

3 集成电路的制造工艺

制造集成电路需要经过许多道工序,采用多种工艺,如图42-2-9所示。通常把单晶硅的切、磨、抛光称为前工序,把用平面工艺制造管芯部分称为制管工序,而把划片及以后的组装测试等称为后工序。对于各种类型的集成电路来说,前工序、后工序大体上是相同的,不同的主要在制管工序。

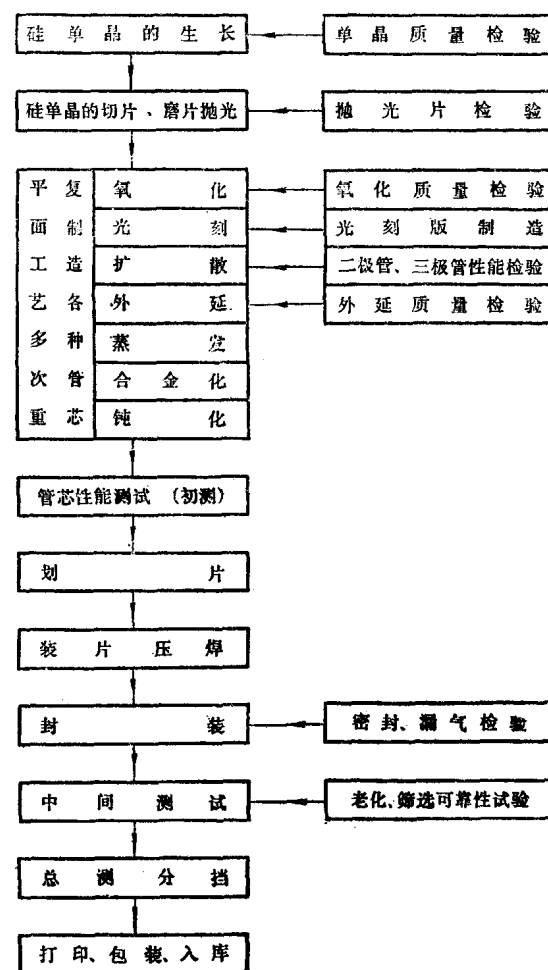


图42-2-9 集成电路的制造过程