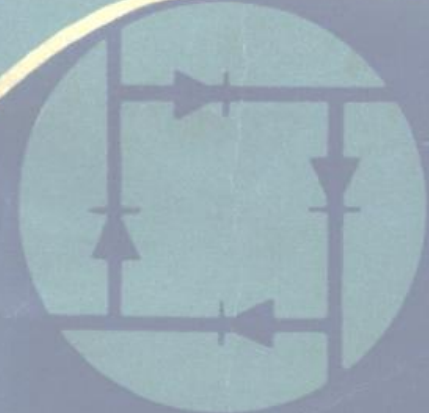


电子器件基础

[美] D. A. 贝尔 著



科学出版社

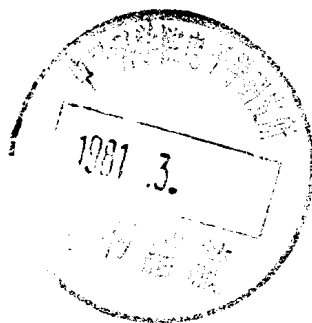
73.63

385

电子器件基础

〔美〕D. A. 贝尔 著

李远境 宋振华 译



科学出版社

1981

1109091

0026/25

内 容 简 介

本书详细地介绍了在现代工业中广泛应用的电子器件的工作原理,同时还对器件特性、基本电路原理、电路参数、电路应用等方面的内容作了较全面介绍。全书共分十八章,内容涉及单极型、双极型器件,部份特殊器件及各种型式的电子管,书中每章都有例题并附有思考题及主要术语表。

本书叙述深入浅出,把各种器件的物理概念和电路计算有机地结合在一起,可以作为中等专业学校及工科大院校有关专业的参考书,也可供从事半导体器件研制、生产的工人、工程技术人员阅读。

David A. Bell

FUNDAMENTALS OF ELECTRONIC DEVICES

Reston Publishing Company, Inc., 1975

电 子 器 件 基 础

[美] D. A. 贝尔 著

李远境 宋振华 译

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年2月第一版 开本: 787×1092 1/32

1981年2月第一次印刷 印张: 14 7/8

印数: 0001—12,420 字数: 338,000

统一书号: 15031·329

本社书号: 2036·15—7

定价: 1.85 元

序 言

本书的目的是清楚地解释目前普遍使用的大量电子器件的工作原理。使读者对每种器件的特性、参数、电路应用和使用极限等方面的理解达到大专水平。

本书首先研究半导体基础理论和 $p-n$ 结理论，这些理论对理解固态器件是很必要的。书中用单独一章讲述半导体二极管，详细地介绍了二极管特性、参数、等效电路、图解分析、作整流器应用和二极管特性参数表。

第四章较深入地叙述了双极结型晶体管理论，从 r 参数和 h 参数着手讨论了两种等效电路。第五章对基本晶体管电路的电压增益、电流增益、功率增益、输入阻抗和输出阻抗进行了分析，这些分析是用 h 参数进行的，并全部采用简化近似。第六章专门叙述晶体管偏置技术。第七章包括晶体管制造方法和特性参数表，在这一章中还讨论了晶体管的功率耗散，频率响应和开关特性。

第八、九两章分别叙述齐纳二极管和隧道二极管，包括齐纳二极管稳压器和隧道二极管放大器。第十章阐述了各种类型的场效应晶体管的工作原理，以及场效应晶体管的结构、特性参数表和等效电路。第十一章研究了场效应晶体管的基本电路。第十二章讨论场效应晶体管的偏置电路。第十三章到第十七章分别叙述可控硅、单结晶体管、光电子器件、各种其他器件和集成电路。其中包括“可编程序”(programmable)单结晶体管、太阳电池、液晶元件、压电晶体、变容二极管和集成放大器。因为电子管仍在广泛应用，所以最后一章叙述各种型

式的电子管：真空二极管、真空三极管、四极管、五极管、七极管变频器（或称五栅管变频器），当然，还包括阴极射线管。

文中列举了很多例题供读者在学习中练习器件的运用。在每一章的末尾有主要术语表和一些思考题。全书的数学水平不超出代数方程和对数的范围，不需要更高深的数学就能满足本书的要求。希望读者已经学过基本电学知识，或者在学习本书的同时学习电学课程。

作者希望本书对研究电子学和作为教学参考书两方面都能有所助益。

D. A. 贝尔

• x •

00001

目 录

序言	ix
第一章 半导体理论基础.....	1
1-1 引言	1
1-2 原子	1
1-3 电子轨道和能级	3
1-4 能带	4
1-5 固体中的导电	5
1-6 导体、绝缘体和半导体	7
1-7 原子键	8
1-8 半导体的掺杂	9
1-9 热和光的影响	12
1-10 漂移电流和扩散电流	12
主要术语表	14
思考题	16
第二章 p-n 结理论.....	18
2-1 引言	18
2-2 p-n 结	18
2-3 反向偏置的 p-n 结	21
2-4 正向偏置的 p-n 结	23
2-5 温度效应	25
2-6 p-n 结电容	27
2-7 p-n 结的等效电路	28
主要术语表	29
思考题	30
第三章 半导体二极管	32

3-1	引言	32
3-2	二极管的符号及外形	32
3-3	二极管的制造	33
3-4	二极管的特性曲线和参数	35
3-5	二极管电路的图解分析	36
3-6	二极管的分段线性特性曲线	41
3-7	二极管的等效电路	43
3-8	半波整流	44
3-9	全波整流	50
3-10	二极管的开关时间和频率响应	54
3-11	二极管特性参数表	56
	主要术语表	58
	思考题	59
第四章	结型晶体管	63
4-1	引言	63
4-2	晶体管的工作原理	63
4-3	晶体管的电流	68
4-4	晶体管的符号和电压	71
4-5	共基极特性曲线	72
4-6	共发射极特性曲线	77
4-7	共集电极特性曲线	80
4-8	晶体管T型等效电路和 r 参数	83
4-9	h 参数	84
	主要术语表	89
	思考题	91
第五章	基本的晶体管电路	94
5-1	引言	94
5-2	共发射极电路	94
5-3	共发射极电路 h 参数分析	96
5-4	共集电极电路	103

5-5	共集电极电路 h 参数分析	105
5-6	共基极电路	110
5-7	共基极电路 h 参数分析	112
5-8	共发射极电路的级联	119
	主要术语表	121
	思考题	122
第六章	晶体管的偏置技术	124
6-1	引言	124
6-2	直流负载线和工作点	124
6-3	固定电流偏置	129
6-4	从集电极给基极加偏置	131
6-5	发射极电流偏置(自偏置)	133
6-6	几种基本偏置电路的比较	137
6-7	热稳定性	137
6-8	交流旁路和交流负载线	141
	主要术语表	145
	思考题	145
第七章	晶体管的结构、规格和性能	148
7-1	引言	148
7-2	晶体管结构对电气性能的影响	148
7-3	半导体材料的制备	150
7-4	合金和微合金晶体管	152
7-5	台面型晶体管	155
7-6	扩散平面管和有环的晶体管	157
7-7	晶体管的封装	158
7-8	晶体管特性参数表	160
7-9	功率耗散	164
7-10	分贝和频率响应	167
7-11	晶体管的噪声	173
7-12	晶体管开关	179

	主要术语表	185
	思考题	187
第八章	齐纳二极管	190
8-1	引言	190
8-2	齐纳击穿和雪崩击穿	190
8-3	齐纳二极管特性曲线和参数	192
8-4	补偿型稳压二极管	196
8-5	齐纳二极管稳压器	197
8-6	带稳压二极管的稳压器	201
8-7	齐纳二极管的其它应用	202
	主要术语表	204
	思考题	205
第九章	隧道二极管	207
9-1	引言	207
9-2	工作原理	207
9-3	隧道二极管的符号、特性曲线和参数	211
9-4	分段线性特性曲线	213
9-5	隧道二极管等效电路	214
9-6	隧道二极管并联放大器	215
9-7	并联放大器的增益公式	217
9-8	实用的并联放大器电路	218
9-9	并联放大器的图解分析	221
9-10	隧道二极管串联放大器	223
9-11	串联放大器的增益公式	226
9-12	隧道二极管开关	226
9-13	隧道二极管的偏置技术	228
	主要术语表	229
	思考题	230
第十章	场效应晶体管	232
10-1	引言	232

10-2	n 沟道结型场效应管的工作原理	232
10-3	n 沟道结型场效应管的特性曲线	234
10-4	p 沟道结型场效应管	239
10-5	结型场效应管的特性表和参数	240
10-6	结型场效应管的结构	248
10-7	绝缘栅场效应管或 MOS 场效应管	249
10-8	场效应管的等效电路	254
	主要术语表	255
	思考题	257
第十一章 基本场效应晶体管电路		259
11-1	引言	259
11-2	共源电路	259
11-3	共源电路的交流分析	261
11-4	共漏电路	264
11-5	共漏电路的交流分析	265
11-6	共栅电路	268
11-7	共栅电路的交流分析	270
	主要术语表	273
	思考题	273
第十二章 场效应晶体管的偏置		275
12-1	引言	275
12-2	直流负载线和偏置点	275
12-3	特性曲线的分散和固定偏置电路	277
12-4	自偏置	279
12-5	带外电压的自偏置	281
12-6	漏-栅偏置	284
12-7	MOS 场效应管的偏置	287
12-8	场效应管偏置电路的设计	292
	主要术语表	294
	思考题	294

第十三章 可控硅整流器	300
13-1 引言	300
13-2 可控硅的工作原理	300
13-3 可控硅的特性曲线和参数	302
13-4 可控硅的规格	305
13-5 可控硅的控制电路	307
13-6 三端双向可控硅 (TRIAC) 和二端交流开关 (DIAC) ...	312
13-7 其他四层器件	314
主要术语表	318
思考题	320
第十四章 单结晶体管	322
14-1 引言	322
14-2 工作原理	322
14-3 单结晶体管的特性曲线	324
14-4 单结晶体管的参数和规格	325
14-5 单结晶体管的制造方法	329
14-6 单结晶体管弛张振荡器	330
14-7 用单结晶体管控制可控硅	334
14-8 “可编程”单结晶体管	335
主要术语表	337
思考题	338
第十五章 光电子器件	340
15-1 引言	340
15-2 光电倍增管	340
15-3 光电导器件	343
15-4 光电二极管	347
15-5 太阳电池	350
15-6 光电晶体管	353
15-7 光电场效应管	356
15-8 发光二极管	357

15-9	液晶显示器	359
15-10	光电耦合器	362
	主要术语表	362
	思考题	364
第十六章 其他类型的器件		367
16-1	压电现象	367
16-2	压电晶体	367
16-3	变容二极管 (VVC二极管)	375
16-4	热敏电阻器	380
	主要术语表	385
	思考题	387
第十七章 集成电路		389
17-1	引言	389
17-2	单片、薄膜、厚膜集成电路及混合集成电路	389
17-3	单片集成电路的制备	391
17-4	集成电路元件	395
17-5	差分放大器	400
17-6	集成差分放大器	409
17-7	数字集成电路	413
17-8	集成电路的封装	416
	主要术语表	416
	思考题	418
第十八章 电子管		420
18-1	引言	420
18-2	真空二极管	420
18-3	真空三极管	424
18-4	三极管的特性曲线	425
18-5	三极管参数	429
18-6	共阴极电路	431
18-7	共阴极电路的交流分析	433

18-8	共板极电路	436
18-9	共栅极电路	438
18-10	三极管偏置法	439
18-11	四极管	442
18-12	五极管	445
18-13	遥截止五极管	447
18-14	七极管变频器	448
18-15	阴极射线管	449
	主要术语表	457
	思考题	461

第一章 半导体理论基础

1-1 引言

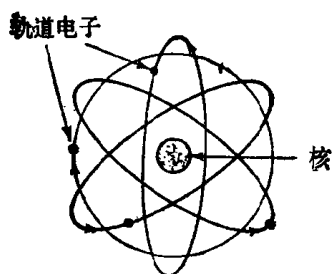
一个电子器件的功能是控制电子的运动。研究器件的第一步是了解电子是什么，以及电子和原子的其他成分是怎样结合的。然后，要了解在固体中维持原子在一起的键合力，还必须研究电子从一个原子到另一个原子的运动。最终得到导体、绝缘体和半导体之间的差别，这样半导体的特殊性质也就清楚了。

1-2 原子

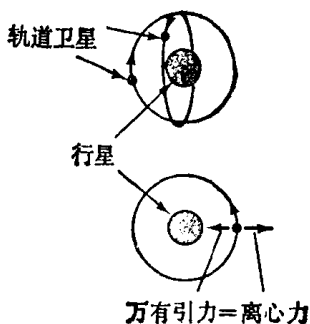
原子是由在中心的核和围绕核旋转的轨道电子所组成的（见图 1-1）。所以原子可以同一个带卫星的行星作比较，这个卫星在围绕行星的轨道上旋转。如同行星和卫星间的万有引力使卫星能保持在轨道上一样，电子和原子核之间的静电吸引力使得每个电子都在轨道上。

每个电子带 1.602×10^{-19} 库仑 (C) 的负电荷。在原子核中的一些粒子带有同样大小的正电荷。由于相反的电荷互相吸引，所以在带相反电荷的电子和原子核之间有一个吸引力。像卫星一样，吸引力同电子围绕原子核运动的离心力平衡[见图 1-1(b) 和 1-1(c)]。

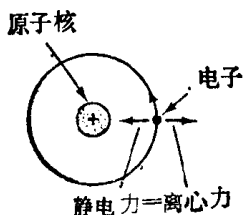
同原子核的质量比较，电子是几乎可以忽略质量的很小粒子。实际上，为简单起见，我们认为电子是没有质量的带负



(a) 带轨道电子的核



(b) 作用在围绕行星旋转的卫星上的力



(c) 作用在绕核旋转的电子上的力

图 1-1 行星式原子

电荷的小粒子。

原子核主要是由质子和中子两种粒子组成(图 1-2)。质子带的正电荷等于电子所带的负电荷(但是极性相反)。中子不带电。每个质子或中子的质量约比电子大 1800 倍。在一个原子中,原子核中的质子数等于轨道上的电子数。

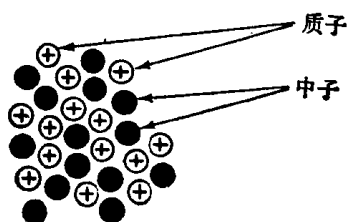


图 1-2 硅原子核

因为质子和轨道电子数量相等,而且带等量的相反电荷,它们互相电中和,因此,所有原子

是电中性的。若一个原子失去一个电子,它就失去了一些负电荷,这个原子就带正电,并且称为正离子。同样,若原子

得到一个附加电子,它就带负电荷,并称为负离子。

不同种原子间的差别主要是由三种基本粒子的数量和排列的不同造成的。但是,不同种原子所具有的电子都是一样的,质子和中子也是一样的。一个原子中的电子可以取代另一个原子中的电子。不同的物质是由不同种类的原子或几种原子的不同结合形式组成的。

一个原子中的质子(或电子)数称为原子的原子序数。原子量近似等于原子核中质子和中子的总数。如半导体元素硅的核中有十四个质子和十四个中子,同样有十四个轨道电子。因此硅的原子序数为 14,原子量为 28。

1-3 电子轨道和能级

原子可以用图 1-3 所示的二维图形来描述。已经发现电子仅能占据某些离核固定距离的轨道环或壳层,且每个壳层只能包含特定数量的电子。在外壳层上的电子决定了每种原子的电学(及化学)性质,这些电子通常称为价电子。一个原子的外壳层或价电子层可以完全充满或仅部分填充。

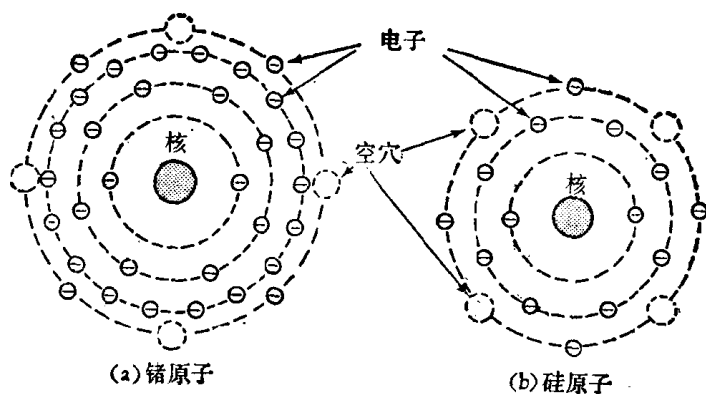


图 1-3 硅和锗原子的二维模型

二种重要的半导体硅(Si)和锗(Ge)的原子如图 1-3 所示。可以看出硅和锗的价电子层上都有四个电子,而最多可以有八个电子,这样,我们说价电子层上有四个电子和四个空穴。一个空穴可以简单的定义为在壳层中缺少一个电子。虽然说硅和锗的价电子层上有四个空穴,但它们仍然是电中性的,因为轨道电子的总数等于原子核中质子的总数。

电子和原子核越接近,电子受到的束缚力就越强。每个壳层有一个能级,其能量为把电子从壳层中抽出所需的能量。因为价电子层中的电子离原子核最远,所以把它们从原子核抽出所需的能量最小。相反,把最接近核的电子从原子核抽出就需要最大的能量。

上面描述的能级用电子伏特来度量。一个电子伏特(eV)定义为:一个电子在一伏特的电位差中移动所需的能量。

1-4 能 带

到此为止,仅讨论了在一个孤立原子周围的电子系统。一个孤立原子中的电子仅受到此原子的作用力。但是,当原子

被很近地放在一起成为固体时,电子还要受到来自其他原子的作用力的影响。那些可以被电子占有的能级就合并成能带。在任何给定的材料中,电子可以存在于二种不同的能带中,即价带和导带。这二个能带之间有一个能级间隙,能级间隙中通常没有电子。此间隙称为禁带。价带、导带和禁带

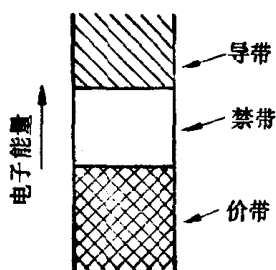


图 1-4 能带图

如图 1-4 所示。

导带中的电子已经脱离开它所在的原子,或者说同原子