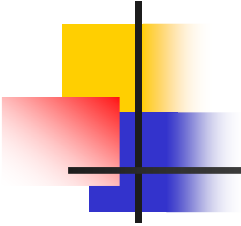


光电器件&功率器件

西安电子科技大学 XIDIDIAN UNIVERSITY

V1.0 © 2007 韩孝勇 Han XiaoYong

xyhan5151@yahoo.com.cn www.dianzichan.com

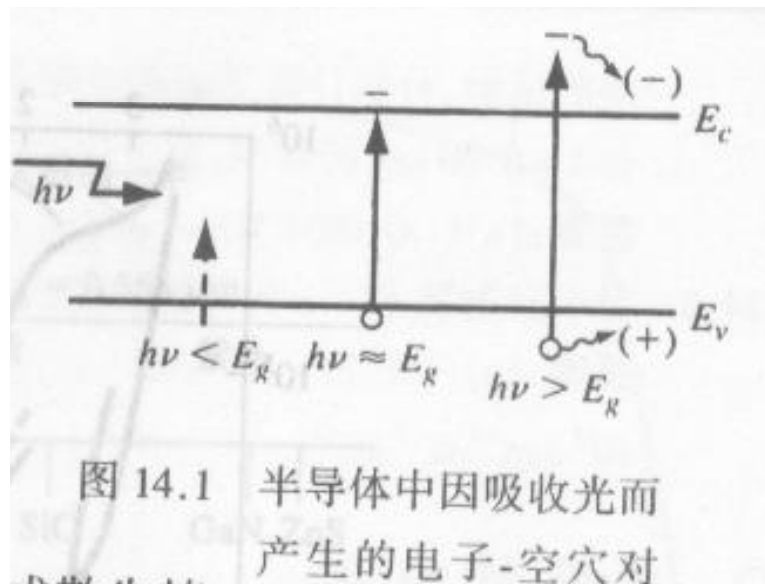


内容

- 第14章光器件
 - 14. 1光学吸收
 - 14. 2太阳能电池
 - 14. 3光电探测器
 - 14. 4光致发光和电致发光
 - 14. 5光电二极管
 - 14. 6激光二极管
- 第15章半导体功率器件
 - 15. 1功率双极晶体管
 - 15. 2功率MOSFET
 - 15. 3散热片和结温
 - 15. 4半导体闸流管

14. 1 光学吸收

- 光子能量小于禁带宽度时不被吸收
- 光子能量大于禁带宽度时被吸收



14. 1 光学

Si: $E_g = 1.12\text{eV}$

GaAs: $E_g = 1.42\text{eV}$

Ge: $E_g = 0.66\text{eV}$

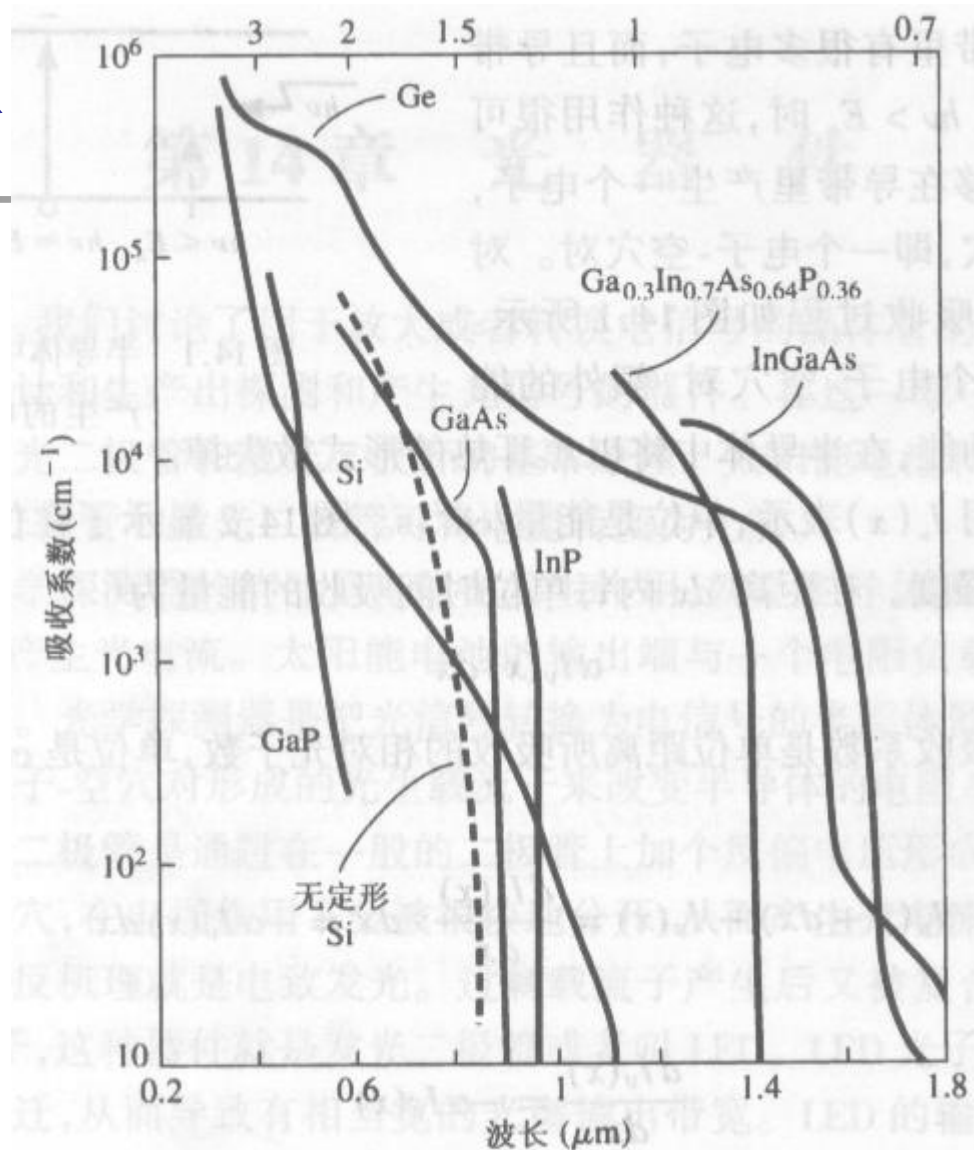


图 14.4 几种不同半导体材料的吸收系数与波长的关系

14. 1 光学吸收

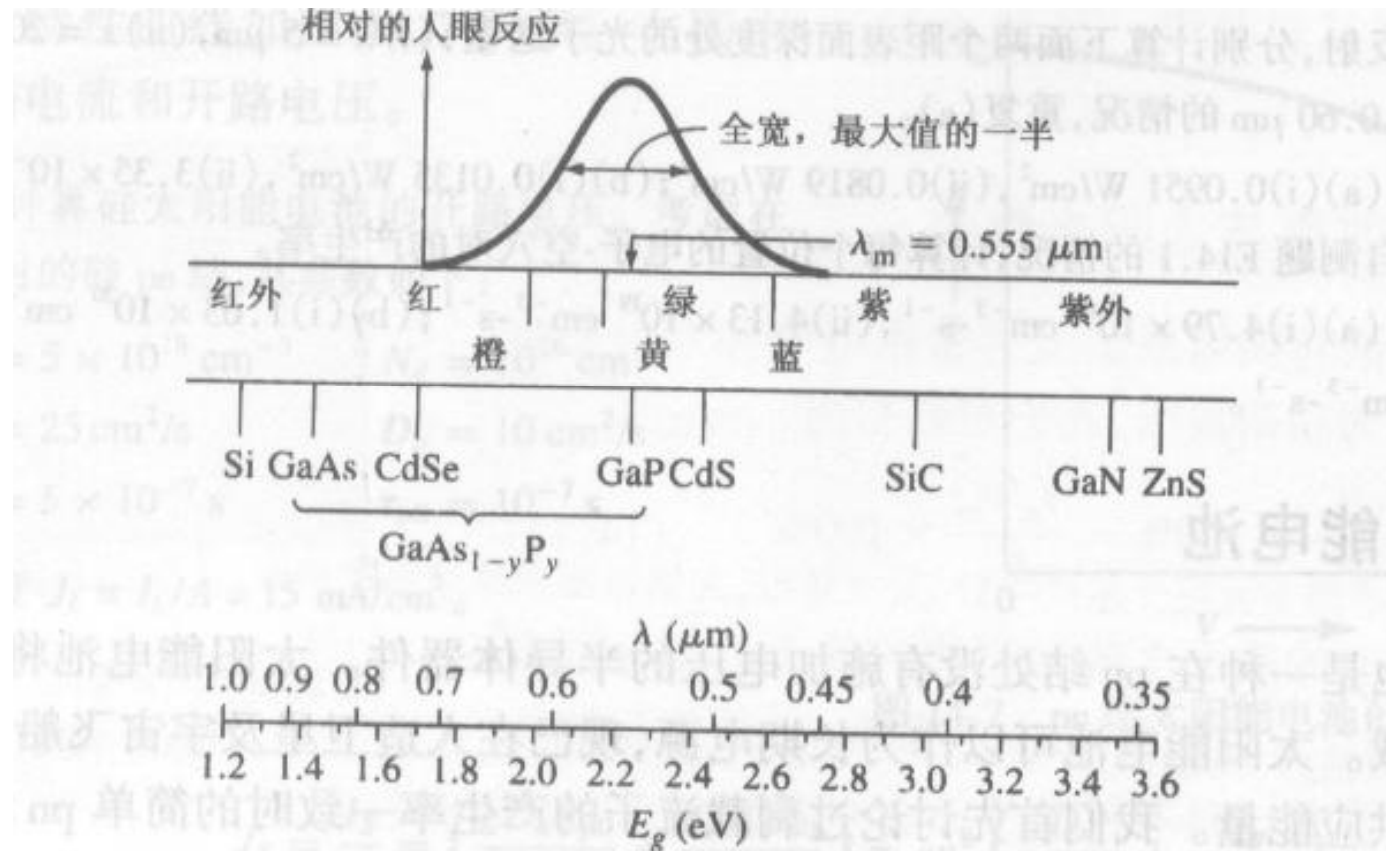
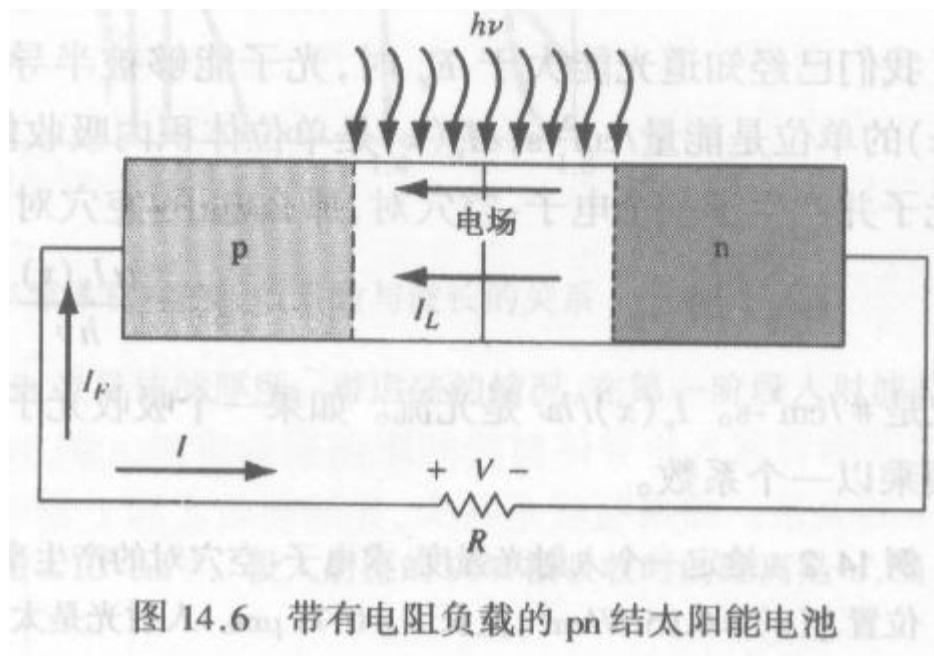


图 14.5 光谱与波长和禁带宽度之间的关系(图中包括相对的人眼反应)

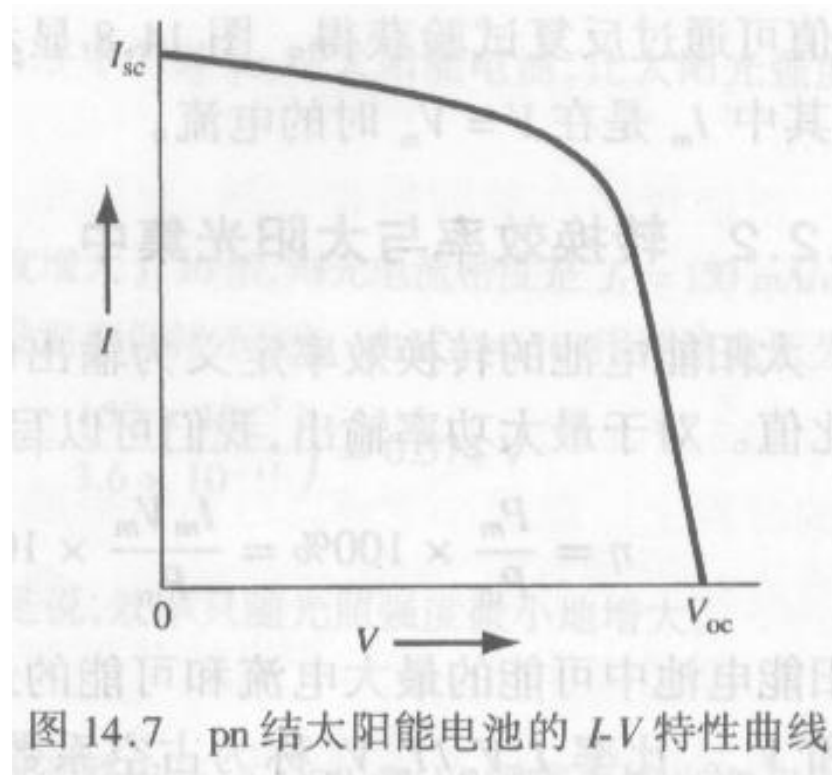
14. 2 太阳能电池

- Pn结太阳能电池：光子在空间电荷区产生电子空穴对



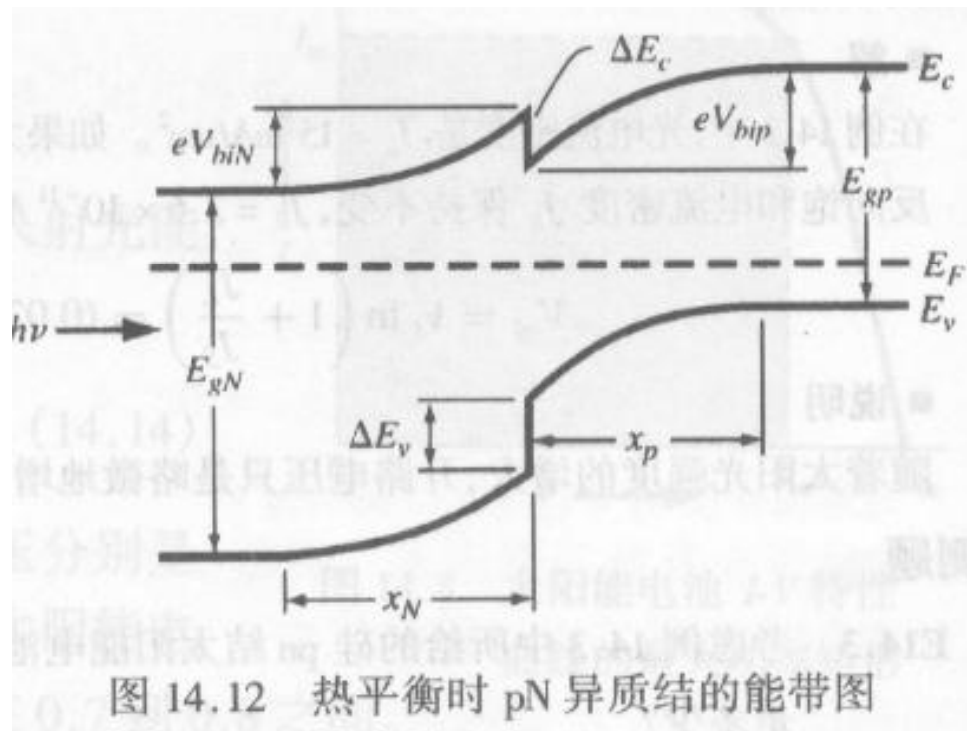
14. 2太阳能电池

- 开路电压和短路电流



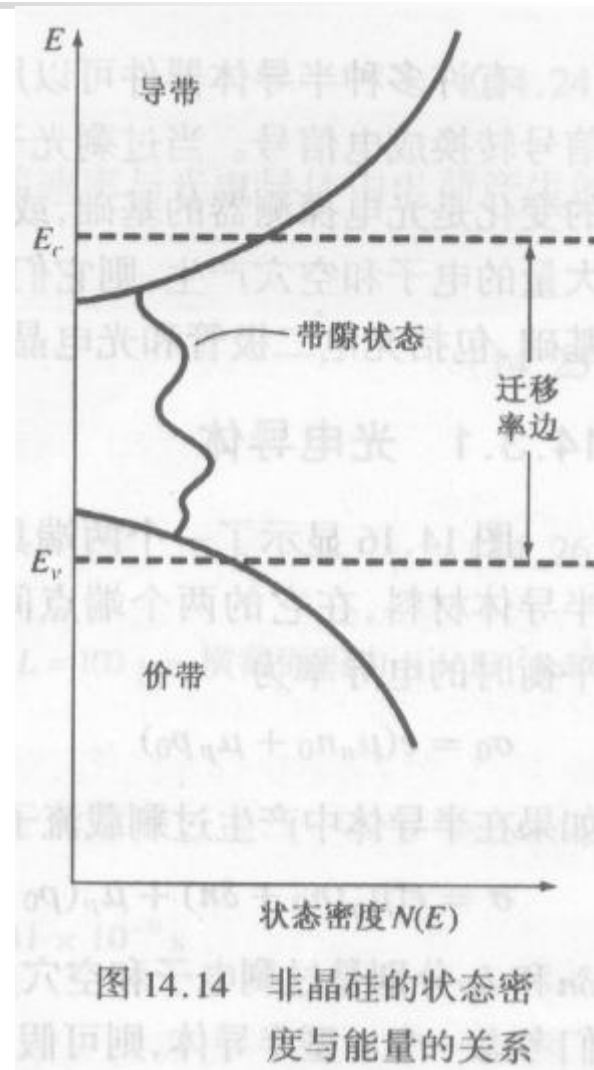
14. 2 太阳能电池

- 异质结太阳能电池：不同的 E_g 吸收不同



14. 2 太阳能电池

- 非晶硅太阳能电池
- 吸收系数高
大面积



14. 2 太阳能电池

■ 非晶硅太阳能电池

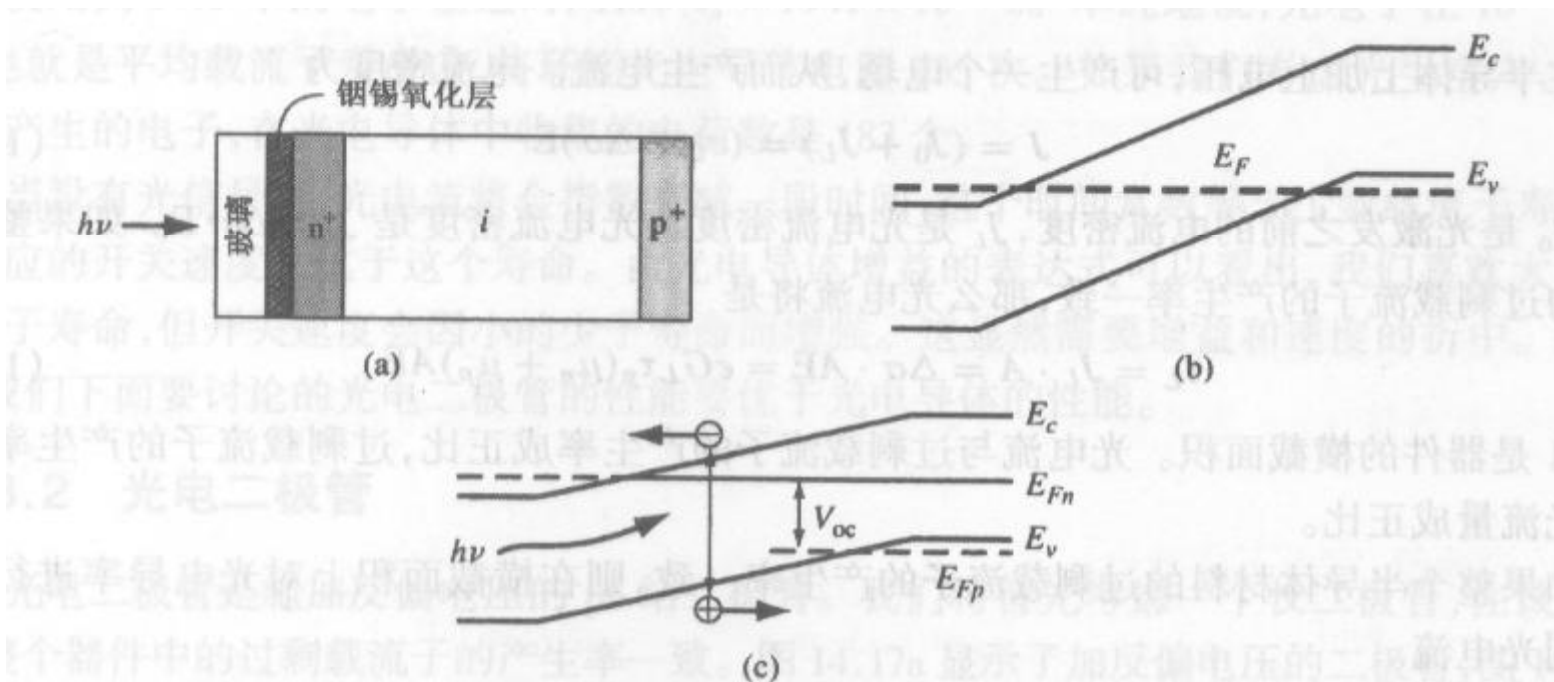
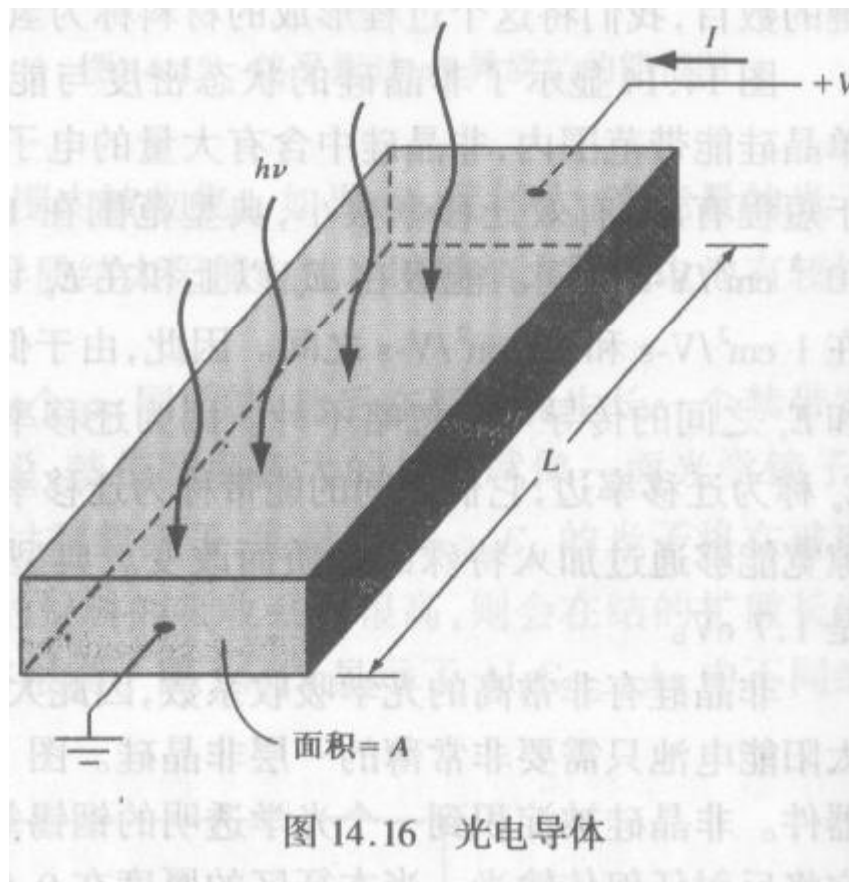


图 14.15 (a)横截面;(b)热平衡下的能带图;(c)在光照射下,非晶硅 PIN 太阳能电池的能带图

14. 3 光电探测器

■ 光电导体



14. 3光电探测器

■ 光电二极管

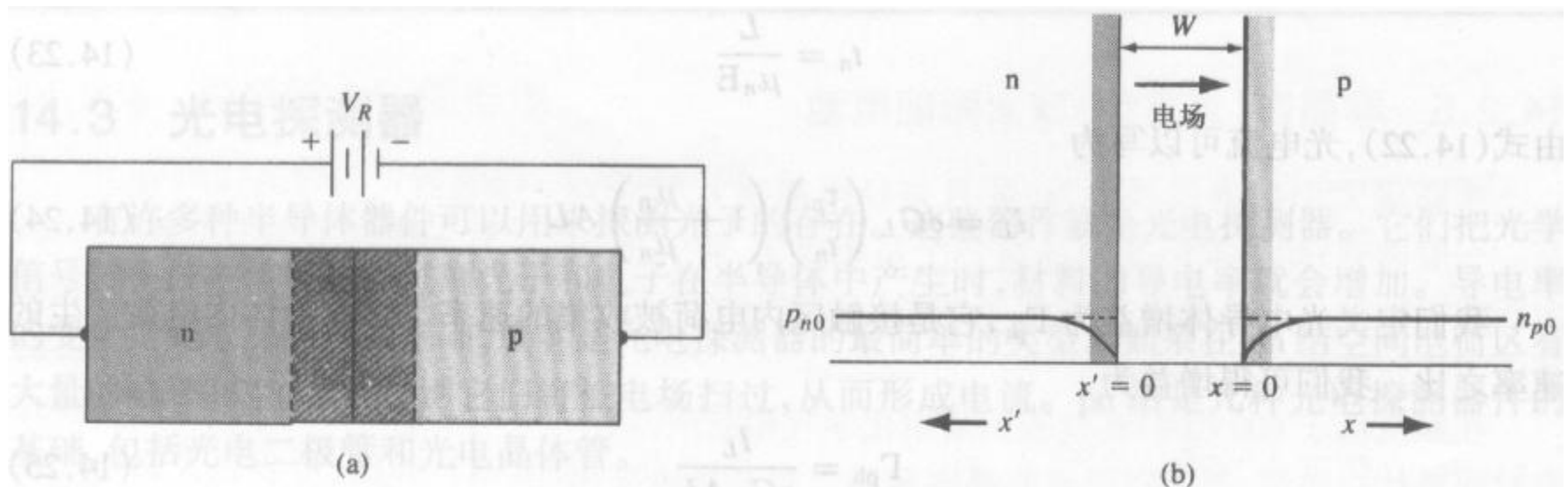
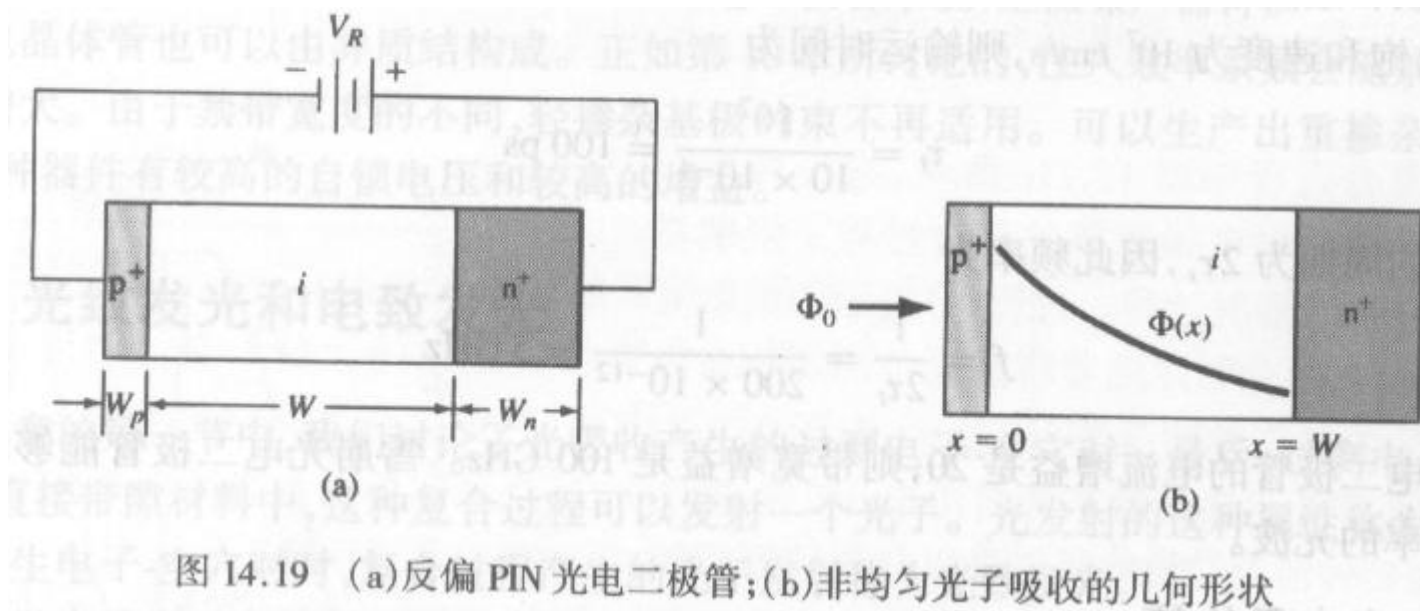
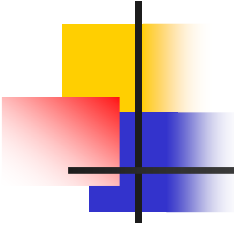


图 14.17 (a)反偏 pn 结;(b)反偏 pn 结中的少数载流子浓度

14. 3 光电探测器

■ P-I-N光电二极管





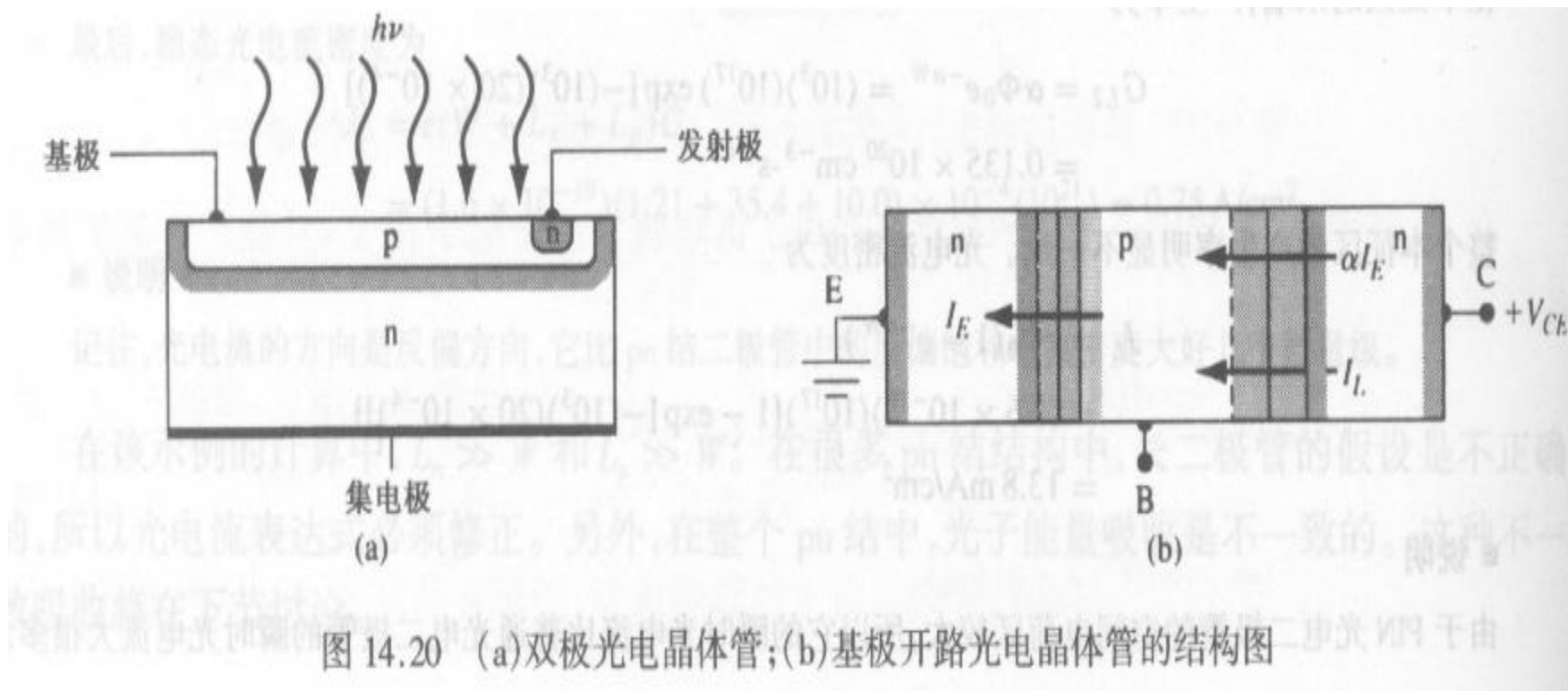
14. 3 光电探测器

14.3.4 雪崩光电二极管

雪崩光电二极管与 pn 结或 PIN 光电二极管相似,只是它上面所加的反偏电压必须大到能引起碰撞电离。正如我们前面所讨论的,光子吸收后,会在空间电荷区产生电子-空穴对。光生电子和空穴现在可以通过碰撞电离产生电子-空穴对。雪崩光电二极管的电流增益与雪崩倍增因子有关。

14. 3 光电探测器

■ 光电三极管



14. 4光致发光和电致发光

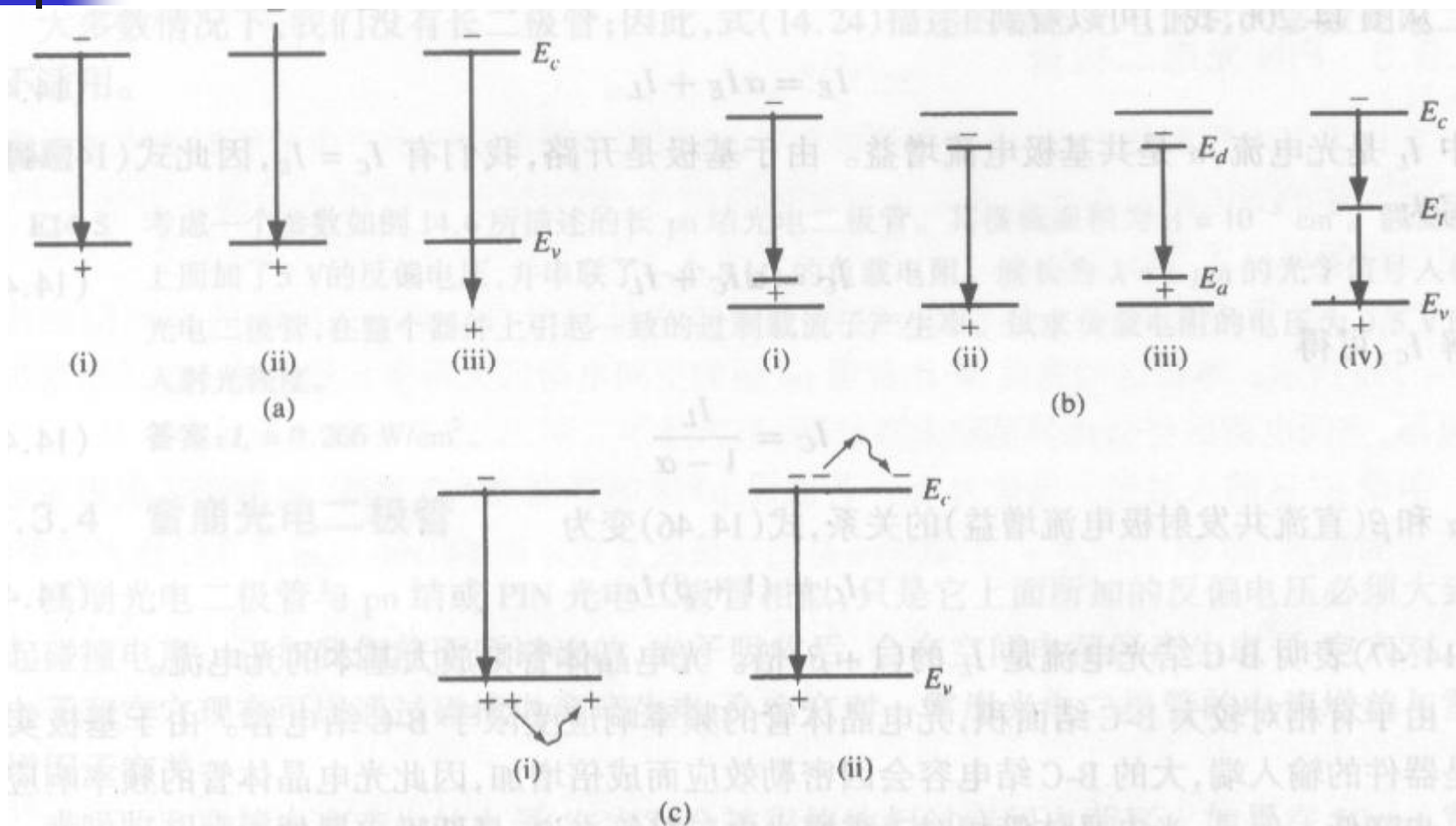


图 14.21 半导体中的基本跃迁

14. 5光电二极管

■ LED

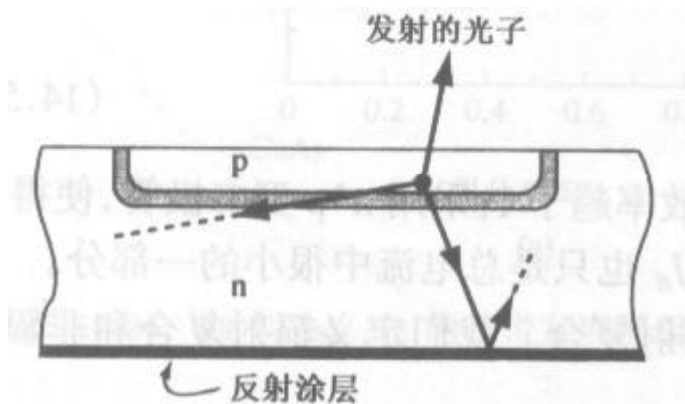


图 14.25 LED 的 pn 结处的光子发射图

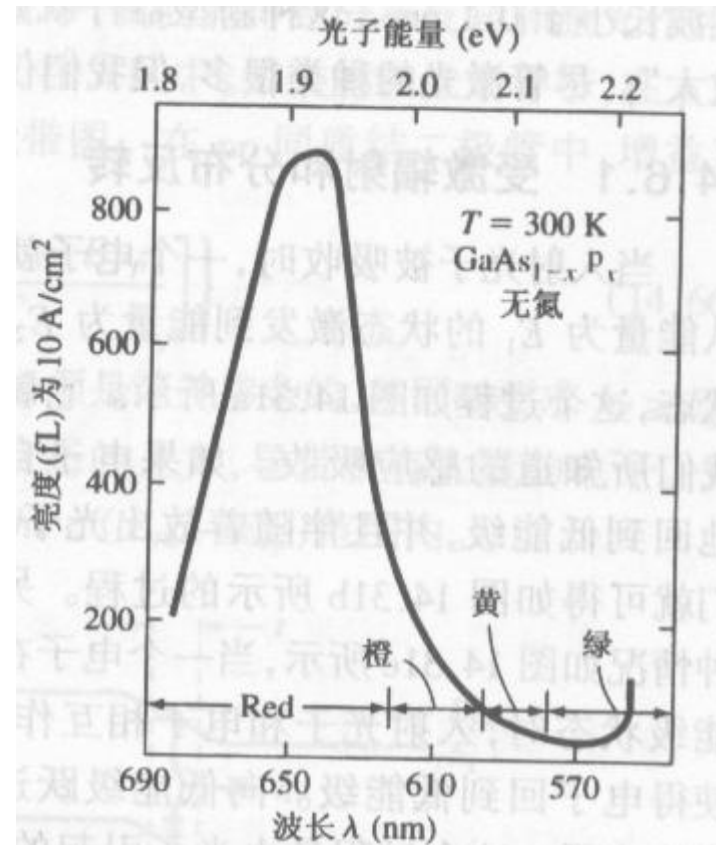
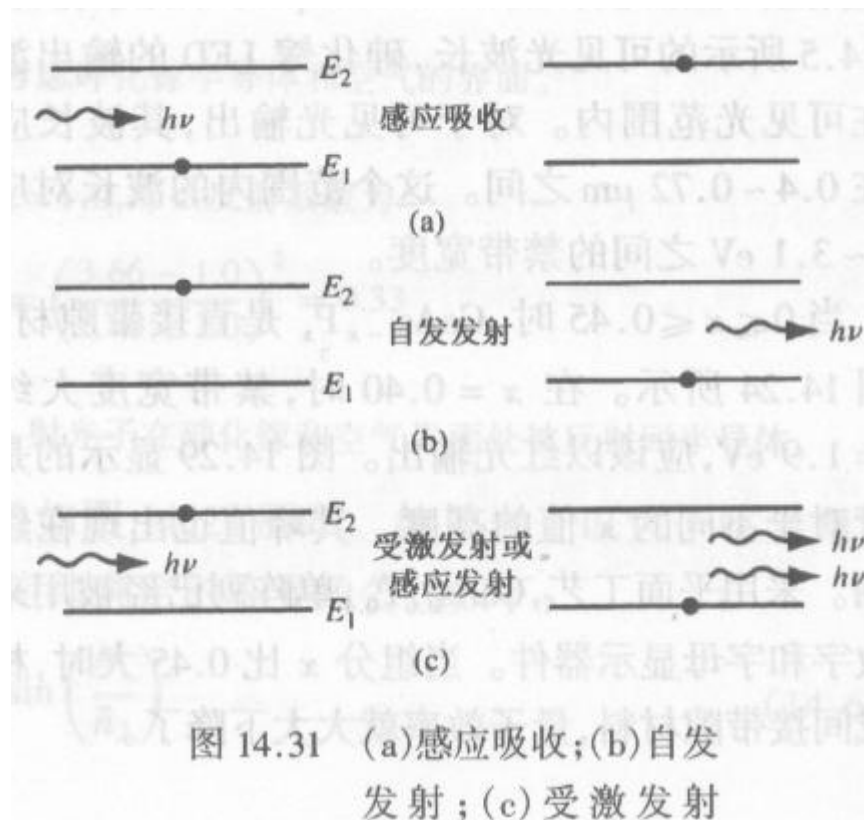


图 14.29 GaAsP 二极管的波长(或禁带宽度)与亮度的关系曲线

14. 6激光二极管

■ 分布反转



14. 6 激光二极管

■ 结构

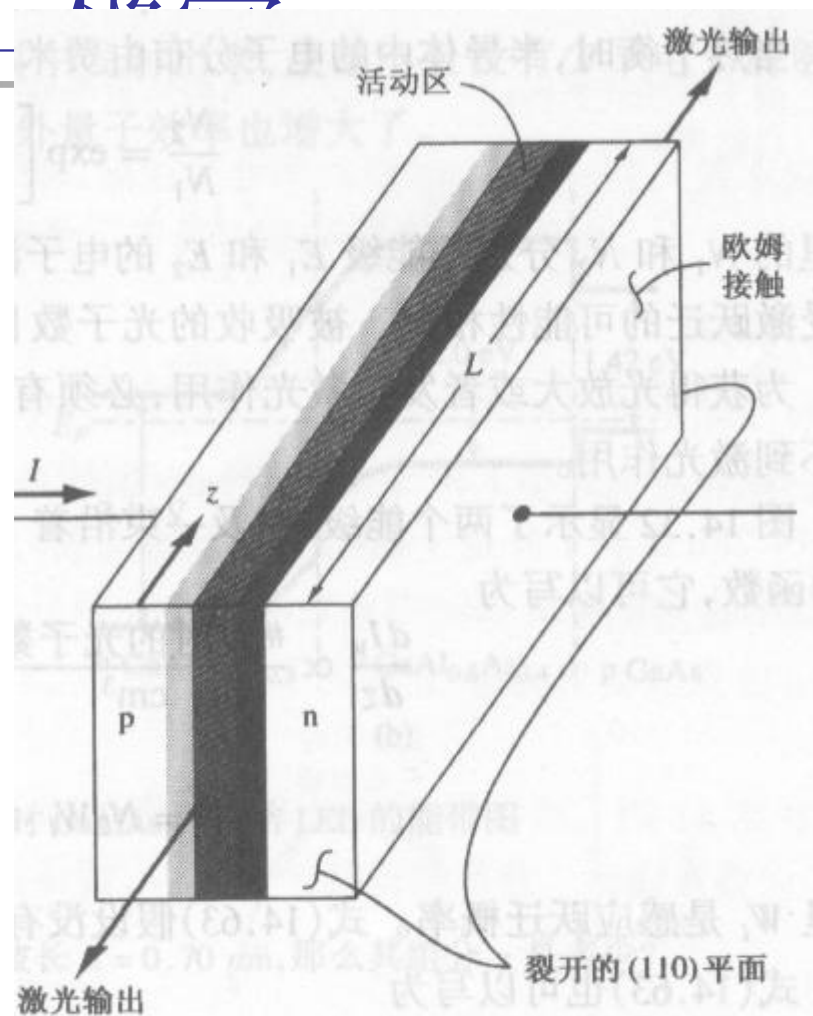
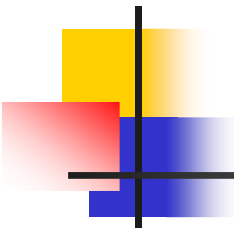
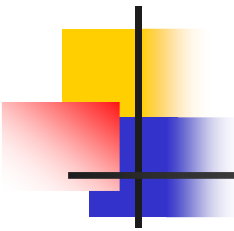


图 14.34 在(110)平面形成法布里-珀罗共振腔的pn结激光二极管



小结

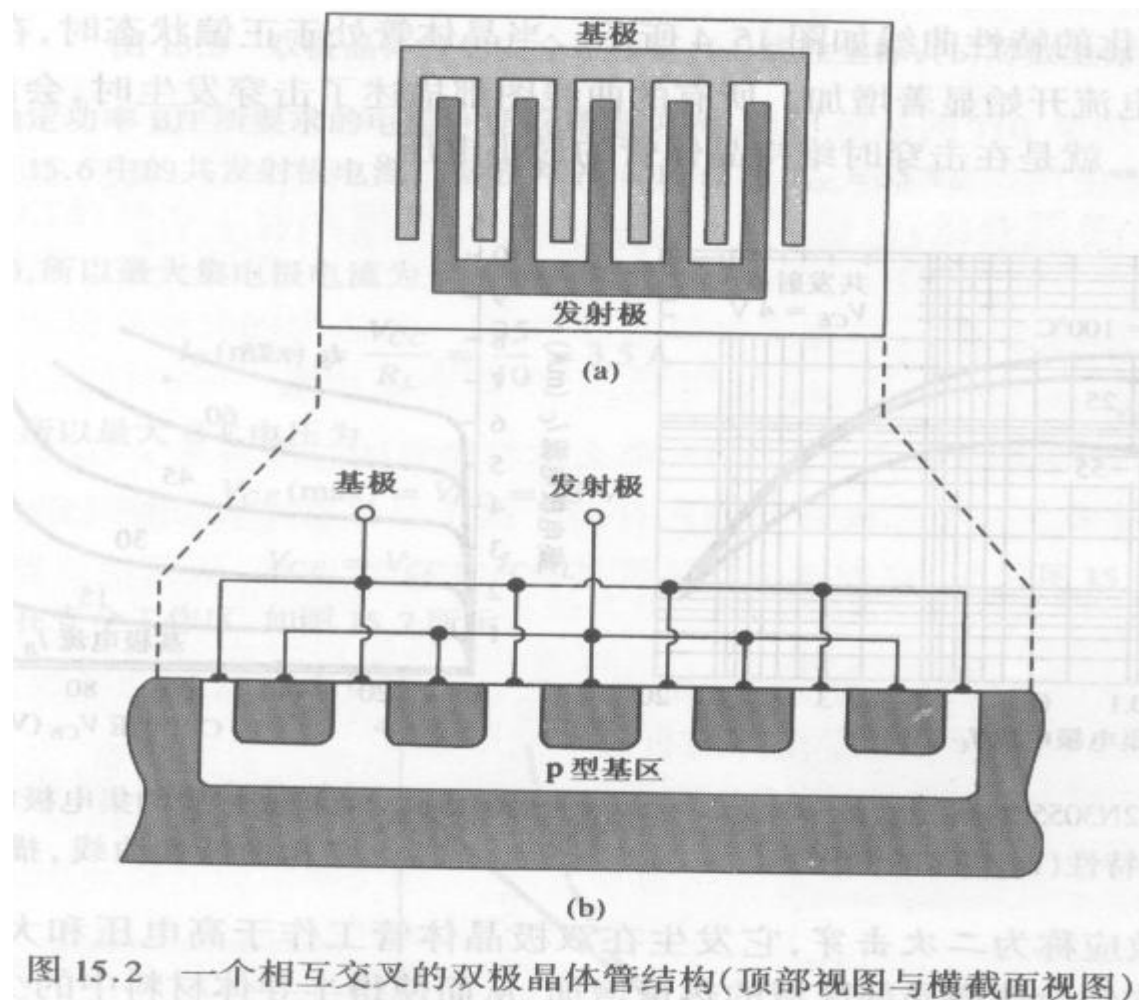
- 太阳能电池将光能转换成电能。最先考虑的是简单的 pn 结太阳能电池。我们研究了短路电流、开路电压和最大功率。转换系数要考虑能量小于禁带宽度的入射光子以及能量大于禁带宽度的入射光子,能量小的不能被吸收,能量大的可以被吸收,并且多余的能量会形成热能。由于这些原因,太阳能电池的转换系数一般小于 30%。
- 我们也研究了异质结和无定型硅太阳能电池。异质结电池可以增大转换系数并形成相对大的开路电压。无定型硅太阳能电池提供了生产低成本大面积电池的可能性。
- 光电探测器是将光信号转换成电信号的半导体器件。光电导体是最简单的光电探测器。入射光子会引起过剩载流子电子和空穴,从而引起半导体导电性的变化,这是这种器件的基本原理。
- 光电二极管是加反偏电压的二极管。入射光子在空间电荷区产生的过剩载流子被电场扫过形成电流。光电流正比于入射光子强度。PIN 和雪崩光电二极管是基本的光电二极管。光电晶体管产生的光电流是晶体管增益的倍数。由于密勒效应和密勒电容,光电晶体管的频率响应比光电二极管的慢很多。



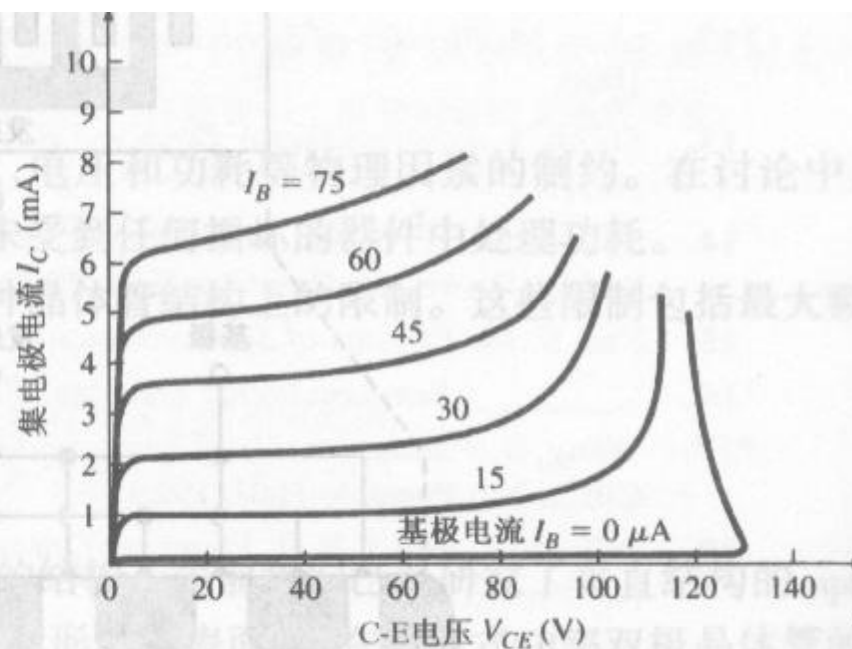
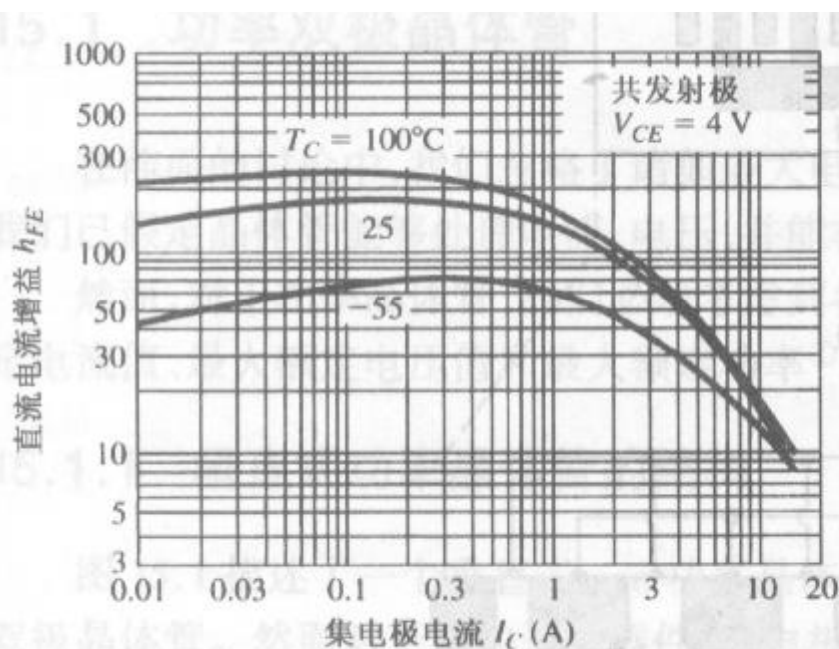
小结

- 在 pn 结中光子吸收的反转就是注入电致发光。在直接带隙半导体中,过剩电子和空穴的复合会导致光子的发射。输出的光信号波长取决于禁带宽度。但是,为了使输出波长限定在某个范围内,可以采用复合半导体,如 $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ 等,其禁带宽度由组分决定。
- 发光二极管(LED)是一种 pn 结二极管,其光子的输出是过剩电子和空穴自发复合的结果。输出信号中相对较宽的带宽(30 nm)是自发过程的结果。
- 激光二极管的输出是受激发射的结果。光学腔即法布里-珀罗共振腔用来连接二极管,以便使光子输出是同相或一致的。多层异质结结构可用来提高激光二极管的性能。

15. 1功率双极晶体管



15. 1功率双极晶体管



15. 1功率双极晶体管

■ 达林顿管

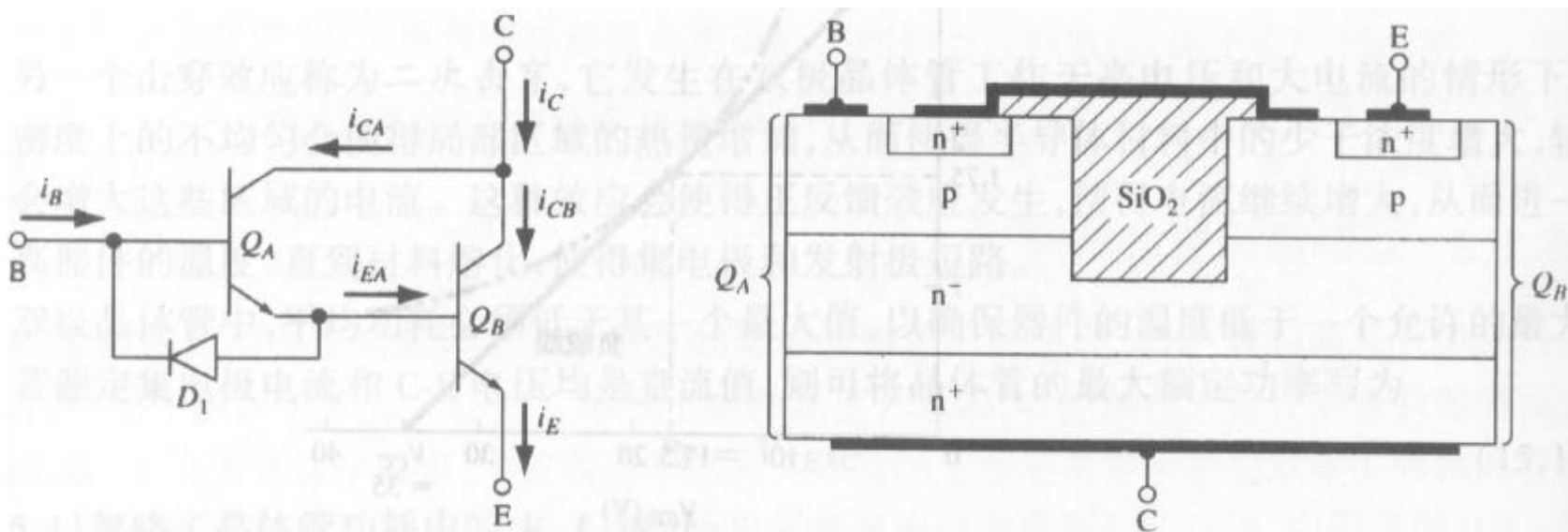


图 15.8 npn 达林顿组态

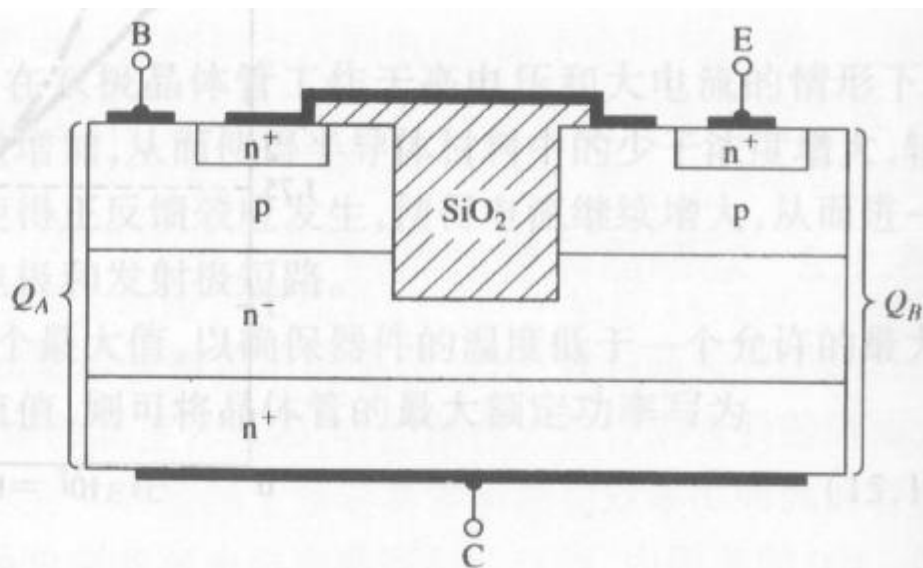


图 15.9 npn 达林顿管结构的集成电路实现

15. 2功率MOSFET

■ DMOS

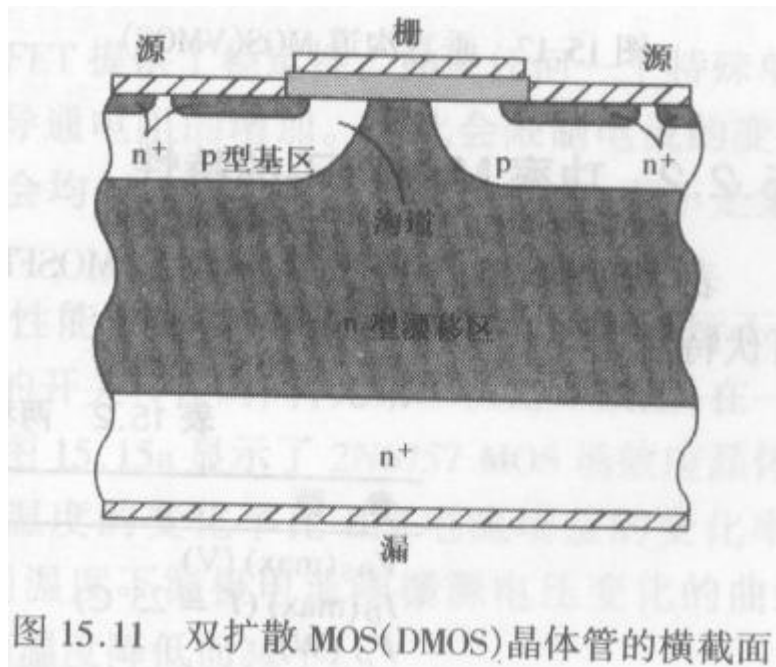
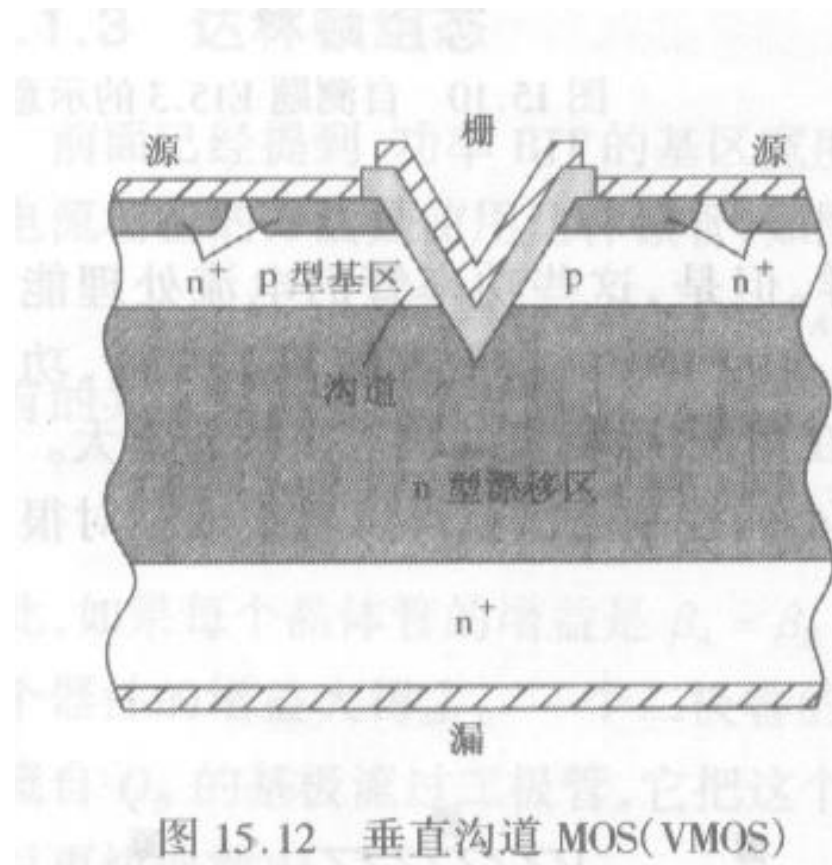
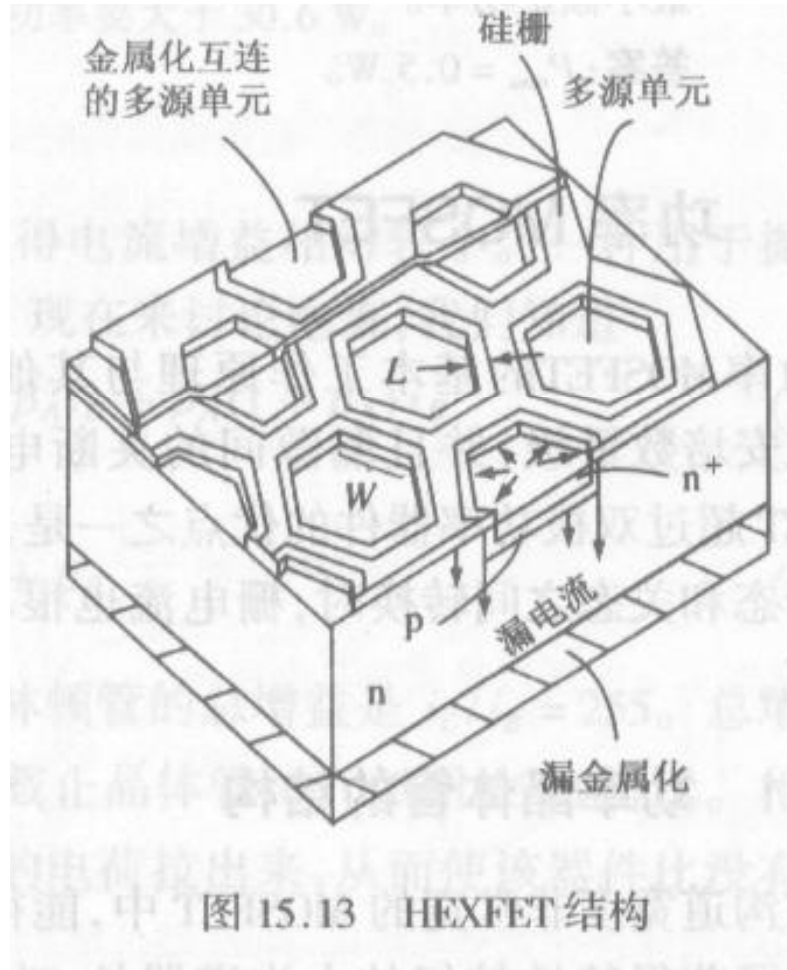


图 15.11 双扩散 MOS(DMOS)晶体管的横截面

15. 2功率MOSFET





15. 3 散热片和结温

- 器件—管壳
- 管壳—散热片
- 散热片—外界

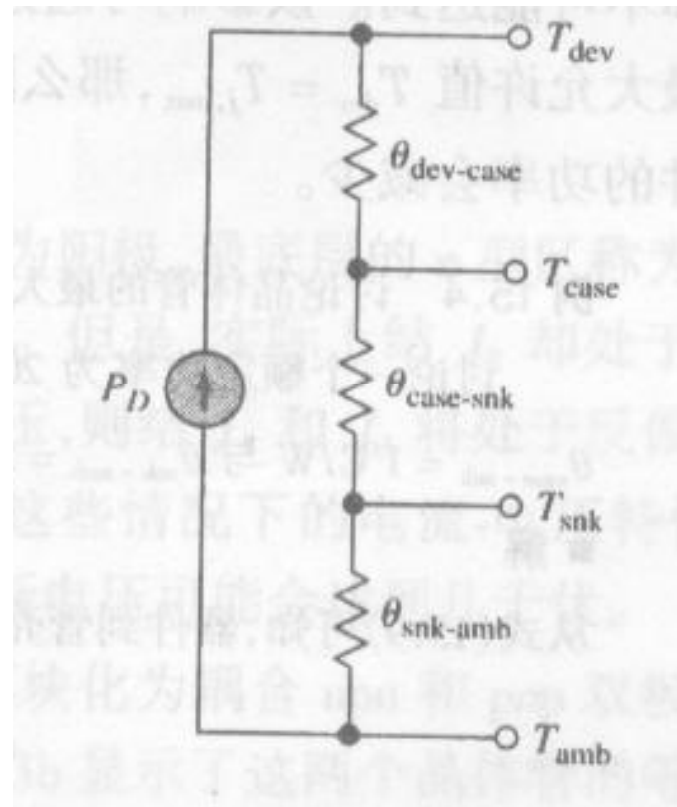


图 15.20 从器件到周围环境的热流电气等效电路

15. 4 半导体闸流管

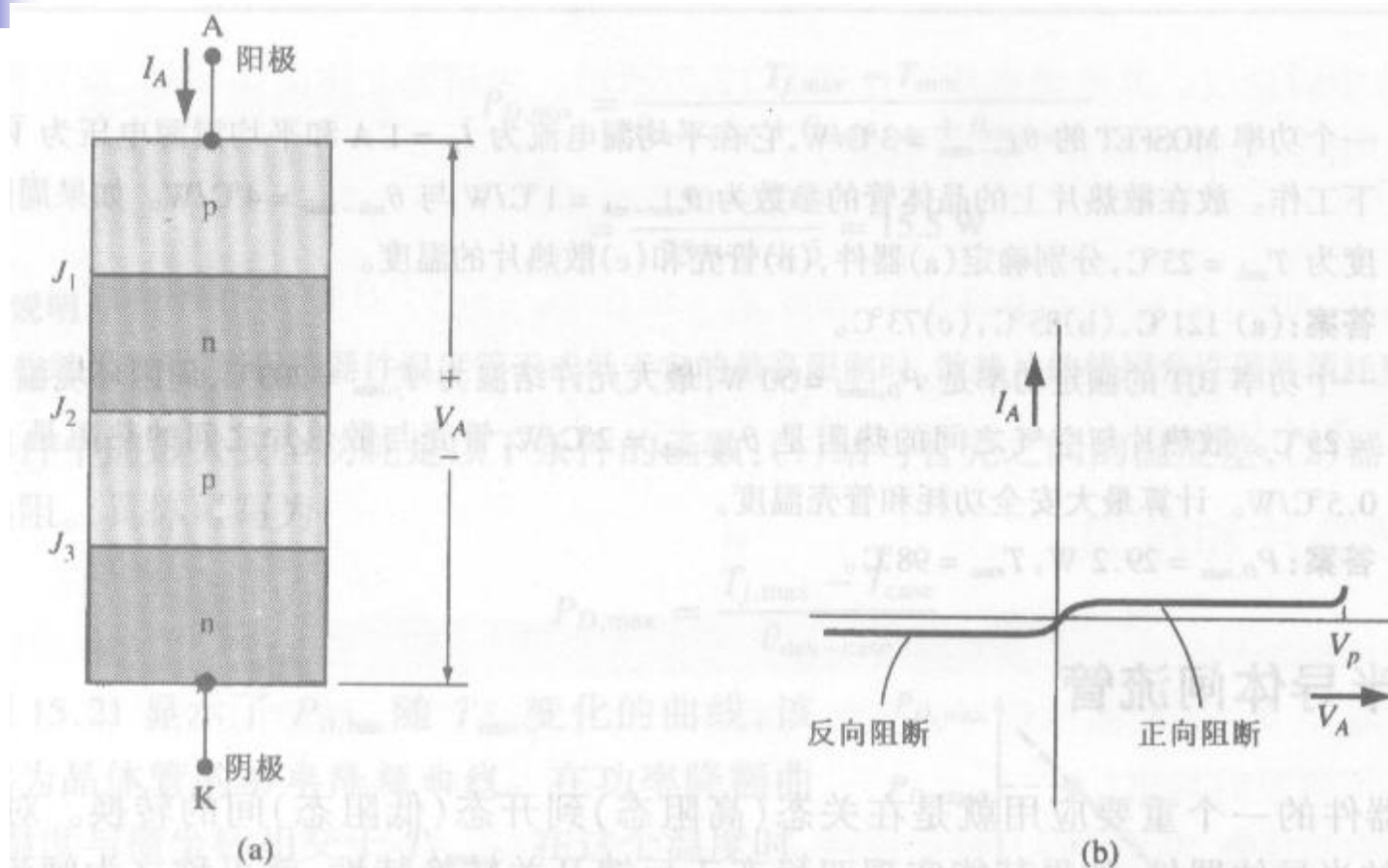
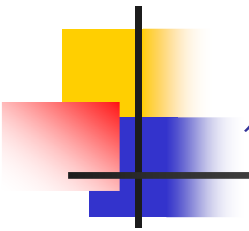


图 15.22 (a)基本的四层 pnpn 结构;(b)pnpn 器件的初始电流-电压特性曲线



小结

- 功率 BJT 具有垂直的结构和一个交叉的基射表面结构。集电极漂移区(掺杂浓度和宽度)决定了 BJT 的额定截止电压,而基区宽度必须足够大,以避免在截止电压时的穿通击穿。
- 功率 BJT 的特性由三个量来描述:最大额定集电极电流、最大额定电压、最大额定功耗。这三个参数决定了晶体管的安全工作区。
- 由于功率 BJT 有相对较宽的基区,它与一个小开关晶体管相比,有更小的电流增益。
- 功率 MOSFET 具有垂直的结构和一个交叉的栅源表面结构。我们所讨论过的两种特殊的器件为 DMOS 和 VMOS 结构。漏极漂移区(掺杂浓度和宽度)决定了 MOSFET 的额定截止电压,而基区沟道长度必须足够大,以避免在截止电压时的穿通击穿。
- 功率 MOSFET 的特性由三个量来描述:最大额定漏电流、最大额定电压、最大额定功耗。这三个参数决定了晶体管的安全工作区。
- MOSFET 导通电阻有着正的温度系数,这使得它随温度变化时比功率 BJT 更加稳定。该特性允许 MOSFET 并联在一起,以增加器件的载流能力。
- MOSFET 在结构上有一个寄生 BJT,在开关期间该结构会更易于击穿。
- 晶体管最大额定功率与最大允许器件温度有关,在这个温度下器件可以很安全地工作。结与周围环境之间的热阻决定了器件的最大结温,最大结温是功耗的函数。



小结

- 半导体闸流管与一系列 pnpn 开关器件相关,这些开关器件能够在高阻抗、低电流态与低阻抗、高电流态之间转换。这些器件有着双稳态正反馈开关特性。
- 基本的 pnpn 器件能被模块化为耦合的 npn 与 pnp 双极晶体管。在开态时,两个双极晶体管都进入饱和态,从而产生大电流和低电压的情况。
- 半导体闸流管的开启特性能通过栅控制极来控制。三极半导体闸流管也称为半导体可控整流器(SCR)。



END
