

第十三讲 载流子的流动（续），

金属—半导体结

10月2，2002

内容：

1. 在空间电荷区和高阻区的传输
2. 载流子倍增和雪崩击穿
3. 在TE时理想的金属半导体结

阅读作业

del Alamo Ch. 5, §§5.8-5.10; Ch. 6, §6.1

研讨会

测验1：10月10日，Rm. 50—340（Walker）：7：30—9：30 PM；内容为第1—13讲（一直到金属半导体结）。开卷。要求带计算器。

主要问题

- 空间电荷区类型情况的特性是什么？
- 碰撞离化如何影响空间电荷区类型情况？
- 当金属和半导体紧密接触时会发生什么？

1. 在空间电荷区和高阻区的传输

在具有非常低载流子浓度的区域：

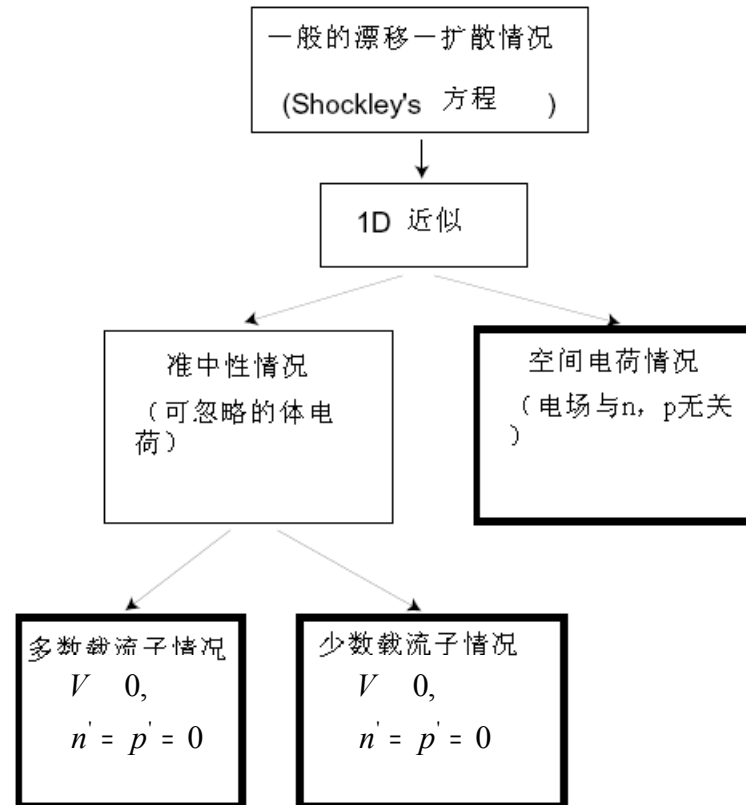
- 介质弛豫时间长→多数载流子要花很长时间筛去电荷的扰动
也就是：对 10^{12}cm^{-3} 的Si($\rho ; 10^4 \Omega \text{ cm}$), $\tau_d ; 10 \text{ns}$
- 德拜长度长→净电荷可以存在于足够的空间范围
也就是：对 10^{12}cm^{-3} 的Si, $L_D ; 4 \mu\text{m}$

传输的物理机制和QN区有很大不同。

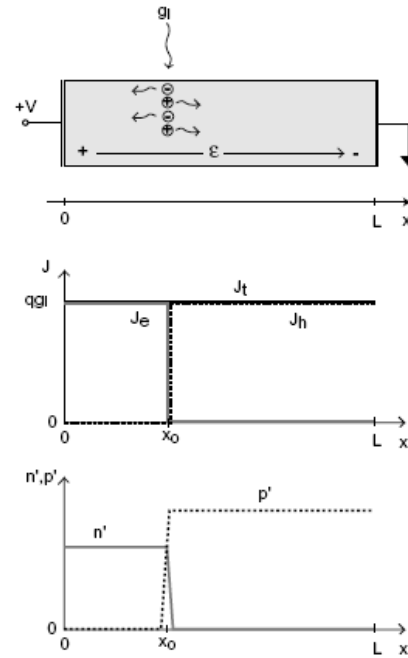
主要近似： ϵ 与n, p无关：

- ϵ 在外部施加（也就是在偏置下的高阻区），
或
- ϵ 由掺杂物的空间分布调整（耗尽区）

简化的载流子流动表述的概述



例子：高阻区在外部电场下的漂移



电场由光生载流子分开:

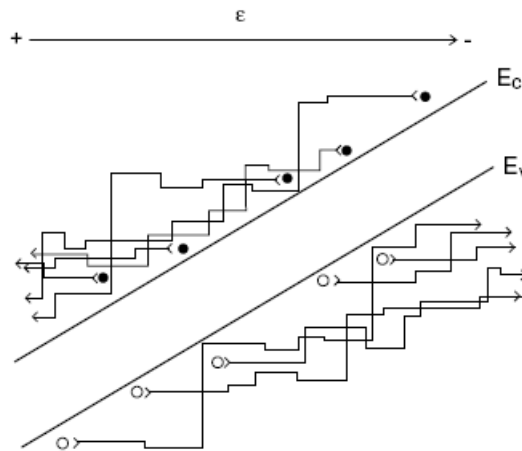
$$J_e = qg_l \quad \text{对 } x < x_0$$

$$J_h = qg_l \quad \text{对 } x > x_0$$

$$J_t = qg_l \quad \text{各处}$$

2. 载流子倍增和雪崩击穿

如果 \mathcal{E} 高，会发生碰撞离化 \rightarrow 载流子倍增



如果 \mathcal{E} 足够高，载流子有可能雪崩 \rightarrow 雪崩击穿

- 在半导体器件中的主要击穿机制 \rightarrow 最大电压的强制限制
- 有噪声的

碰撞离化 \rightarrow 新的产生机制:

$$G_{ii} = \alpha_e |F_e(\text{drift})| + \alpha_h |F_h(\text{drift})|$$

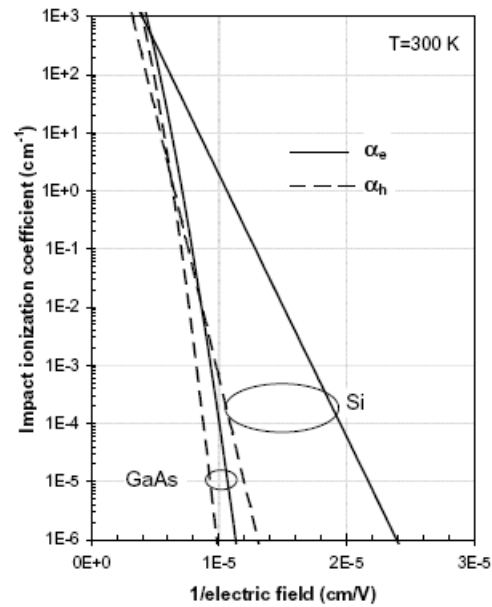
α_e 电子的碰撞离化率 (cm^{-1})

α_h 空穴的碰撞离化率 (cm^{-1})

α 每单位长度每个载流子平均离化数

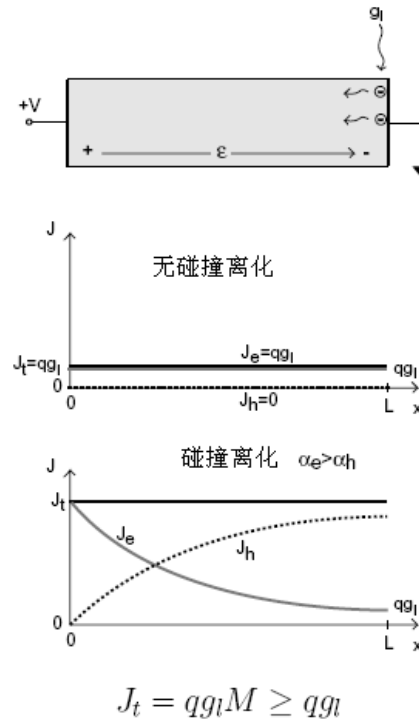
$1/\alpha$ 在每个流动的载流子时间之间的平均距离

α 强烈的依赖于 \mathcal{E} :



例子：在均匀电场下高阻区的载流子倍增

均匀掺杂的高阻区样品在 \mathcal{E} 下：

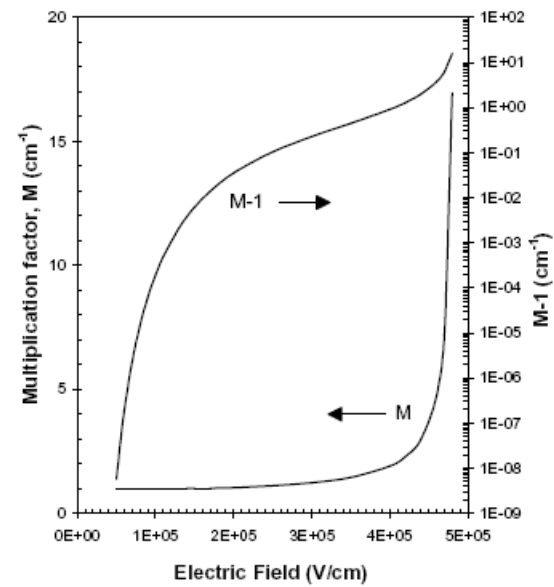


M 倍增系数[n.u.]

对 M 的两个限制：

- 如果 ϵ 小, $M \rightarrow 1$
- 对足够高的 ϵ , M 发散: 雪崩击穿

对1 μm 长Si样品的计算:

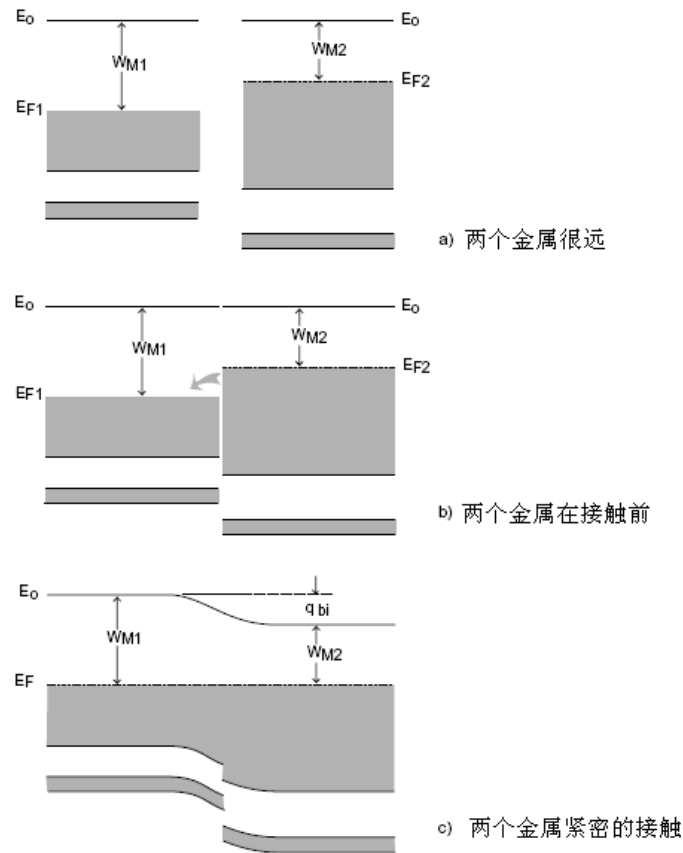


对上面的例子:

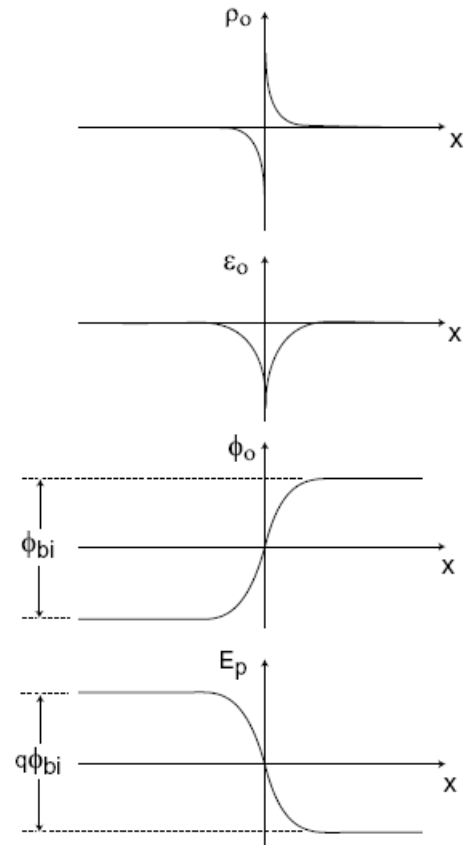
- 临界击穿电场: $\epsilon_b = 4.9 \times 10^5 V/cm$
- 击穿电压: $BV = 49V$

4. 在TE时理想的金属半导体结

□ 首先, 在TE时理想金属半导体结:



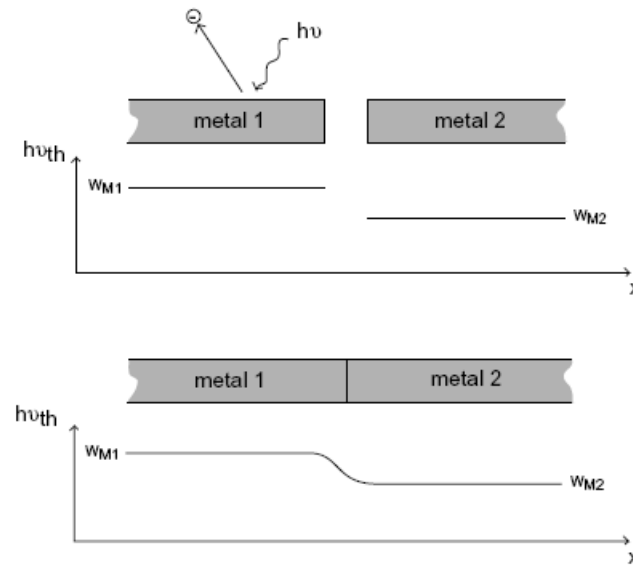
在界面的偶极电荷→内建电势



在MM结SCR的空间扩展：几个nm

能够定义局部功函数

考虑光电实验和位置:



能够定义局部真空能级 E_0

E_0 的形状等同于势能

$$\phi_{bi} = \frac{1}{q}(W_{M1} - W_{M2})$$

主要结论

- SCR/高阻区：
 - 电场与载流子浓度
 - 电子和空穴的行为互不相关并且与衬底的载流子浓度无关
- 载流子倍增可以导致在高电场的雪崩击穿 → 最大电压的限制：击穿电压。
- 不同的材料的结 在表面的偶极电荷 内建电势。

自学

- 简化空间电荷和高阻区的Shockley方程

- 比较SCR和QNR。

