

9-2 用电容-电压法测量半导体中的杂质分布（教案）

实验的目的要求：

1. 掌握 C-V 法测量 p^+-n 结轻掺杂一边的杂质浓度及其分布的工作原理。
2. 利用 C-V 法测量 p^+-n 结轻掺杂一边的杂质浓度及其分布。
3. 了解锁定放大器的基本原理，学会正确地使用锁定放大器。

教学内容：

- (1) 了解 Model 128 Lock-in Amplifier 的工作原理和使用方法。
- (2) 用 128 Lock-in Amplifier 测量信号 $v(t)$ 的有效值 \overline{Vs} 和相位 ϕ_0 。这里的 ϕ_0 为选择开关 K 置“校 $v(t)$ ”位置时的测量结果。
- (3) 把锁定放大器的时间常数分别选为 1ms, 100ms, 1000ms, 观测锁定放大器的输出信号的稳定性；增大白噪声，使锁定放大器输出不稳定，用 X-Y 记录仪记录上述三个时间常数下的 $V_{so}-t$ 曲线（t 为时间）。解释实验结果。
- (4) 检验锁定放大器输出 (V_0) 与被测标准电容 (C_x) 的线性关系，并观测相位 ($\phi_x-\phi_0$) 与 C_x 的关系。
- (5) 研究测试电路输出信号相位 ϕ 与二极管 (D_1-D_5) 反向偏压 V_R 之关系。解释实验结果。
- (6) 测二极管 D_1 的 C-V 曲线。
- (7) 利用二极管 D_1 的 C-V 曲线，研究杂质浓度及其分布情况。

实验过程中可能涉及的问题：（有的可用于检查预习的情况，有的可放在实验室说明牌上作提示，有的可在实验过程中予以引导，有的可安排为报告中要回答的问题，不同的学生可有不同的要求）

1. 杂质浓度分布与 p^+-n 结势垒电容之间的关系是什么？
2. 测量 $p-n$ 结势垒电容的原理是什么
3. 如何测定 $p-n$ 结势垒电容随负偏压的变化？
4. 解释 $p-n$ 结势垒电容随负偏压的变化规律。
5. 锁定放大器从噪声中提取微弱信号的工作原理是什么？
6. 安全使用锁定放大器的要点是什么？
7. 如何正确地选择锁定放大器灵敏度？锁定放大器的放大倍数是如何确定的？
8. 怎样估计从锁定放大器输出信号的大小？如何测定信号的相位？

9. 为什么相位选择器只能沿顺时针方向旋转？如果沿逆时针方向旋转有什么后果？
10. 在使用锁定放大器时，对所提取微弱信号的频率与模拟乘法器中参考信号的频率有何要求？噪声中与参考信号频率相同的成分能否用锁定放大器来消除它的影响？
11. 如果 $p^+ - n$ 单边突变结二极管存在漏电对测试结果会有什么影响？
12. 利用 $C - V$ 曲线计算二极管中浅掺杂一边的杂质浓度分布。列表给出各偏压 V_R 下的电容 C , $1/C^2$, dC/dV , w 及杂质浓度 $N(w)$ 值（在本实验中已知 $p^+ - n$ 结面积 $A = 5.03 \times 10^{-3} \text{cm}^2$, $\epsilon\epsilon_0 = 11.8 \times 8.854 \times 10^{-14} \text{F/cm}$ ），并作出 $N(w) - w$ 杂质分布曲线。
13. 作 $1/C^2 \sim V_R$ 关系曲线，由此曲线的直线部分外推至 $1/C^2 = 0$ ，外推直线在 V 轴之截距即为单边突变结的自建势 V_D ，给出 V_D 的数值。

难点：

1. 有时记录到 $C - V$ 曲线不太平滑的原因是什么？如何才能获得平滑的 $C - V$ 曲线？
2. 本实验的 $C - V$ 法只适用于测量单边突变结二极管浅掺杂一边的杂质浓度分布，其原因是什么？

可进一步探索的问题：

1. 在现有的实验测量条件下，能否借助计算机来提高测量结果的正确性？具体方法是什么？
2. 根据目前教科书提供的测量线路图，请设计一个用计算机采集、记录和数据处理具体实验方案。