

光伏电池用硅材料补偿度测量方法（GB/T 29850-2013）

1 范围

本标准规定了光伏电池用硅材料补偿度的测量和分析方法。

本标准适用于光伏电池用非掺杂硅材料补偿度的测量和分析。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4326 非本征半导体单晶霍尔迁移率和霍尔系数测量方法

GB/T 14264 半导体材料术语

GB/T 24581 低温傅立叶变换红外光谱法测量硅单晶中 C 、 O 族杂质含量的测定方法

GB/T 29057 用区熔拉晶法和光谱分析法评价多晶硅棒的规程

3 术语和定义

GB/T 14264 界定的术语和定义适用于本文件。

4 方法原理

利用载流子浓度与温度变化关系的电中性方程，对 $n(P)-T^{-1}$ 关系曲线进行计算机拟合分析，从而得到补偿度。电中性方程（以 N 型样品为例）如式（1）所示：

$$\frac{n(n + N_A)}{N_D - N_A - n} = \frac{N_C}{g_A} \cdot \exp^{(-E_i/kT)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

其中 N_C 计算方法见式(2):

$$N_C = 2 \left(\frac{2\pi m_e^* kT}{h^2} \right)^{3/2} \quad \dots\dots\dots(2)$$

电离化杂质浓度关系见式(3):

$$n_{300} = N_D - N_A \quad \dots\dots\dots(3)$$

由式(1)、式(2)、式(3)利用最小二乘法原理,并适当调整 g_A 、 m_e^* 、 N_D 、 N_A 、 E_i 5 个量作数据拟合,得到补偿度的表达式见式(4)、式(5):

$$K_p = N_D/N_A \quad (P) \text{ 型} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$K_n = N_A/N_D \quad (N) \text{ 型} \quad \dots\dots\dots(5)$$

根据 GB/T 4326,对样品作变温霍尔测量,由式(6)计算测试数据,得到 $n-T^{-1}$ 关系曲线。

$$n = \gamma/e \cdot R_{Hl} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式(1)~式(6)中:

- n ——载流子浓度,单位为每立方厘米(cm^{-3});
- N_A ——受主杂质浓度, $\text{atoms} \cdot \text{cm}^{-3}$;
- N_D ——施主杂质浓度, $\text{atoms} \cdot \text{cm}^{-3}$;
- N_C ——有效态密度,单位为每立方厘米(cm^{-3});
- g_A ——能级简并因子;
- E_i ——浅施主杂质电离能,单位为电子伏特(eV);
- k ——玻尔兹曼常数,单位为焦耳每开(J/K);
- T ——温度,单位为开尔文(K);
- m_e^* ——电子有效质量,单位为克(g);
- h ——普朗克常数,单位为焦耳秒(J·s);
- n_{300} ——温度为 300 K 时的载流子浓度,单位为每立方厘米(cm^{-3});
- γ ——霍尔因子;
- e ——电子电荷,单位为库仑(C);
- R_{Hl} ——霍尔系数,单位为立方厘米每库仑(cm^3/C)。

5 干扰因素

- 5.1 测试温度的准确性直接影响测量结果的准确性。
- 5.2 电极应具有良好的欧姆接触,以确保测量的准确性。
- 5.3 对于多晶硅样品,区熔拉晶过程和取样位置会对多晶硅的评价造成影响。

6 环境条件

- 6.1 温度为 15 ~ 28 。
- 6.2 相对湿度应不大于 65%。
- 6.3 测试屏蔽室应无机械冲突,避免震动,无电磁干扰合格大功率用电设备。

7 仪器设备

7.1 霍尔测试系统

7.1.1 恒流源

为样品提供电流, 其电流稳定度应优于 $\pm 0.5\%$ 。

7.1.2 电压表

测量样品电压, 准确度应优于 $\pm 0.5\%$, 电压表的输入阻抗应为被测样品阻抗的10000倍以上。

7.1.3 磁体

磁通密度应在0.2T-1.0T范围内, 在样品所处范围内, 磁通密度均匀性应优于 $\pm 1\%$ 。

7.1.4 开关矩阵

用于改变样品中电流流量通方向和测量相对电极的电压, 开关矩阵应具有良好的绝缘性和可靠性。

7.2 样品室

7.2.1 样品室由低温装置、测温装置、样品架组成。样品室应由非磁性材料组成, 温度可调且能够保证样品温度具备一定的稳定性。加热装置如为电阻丝加热则应注意电阻丝的绕制及摆放, 避免电阻丝在通电过程中产生垂直于样品表面的磁场。

7.2.2 样品架应防光、屏蔽、高绝缘(电阻率大于 $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$), 以减少光电导、光电压以及高频影响, 并确保样品表面与所加磁场垂直(见图1)。样品架用黄铜(或不锈钢)制成, 其中加热系统有热沉(用紫铜材料)、加热炉(高、低温区应选不同加热功率、加热丝应无感应缠绕)、温度计(置于热沉内, 以指示样品温度)。样品应贴紧绝缘层, 样品架外有黄铜真空封套(真空度优于 0.1 Pa), 引线之间以及电极之间应高绝缘, 各部件应能耐低温(10 K)、高温(400 K)。

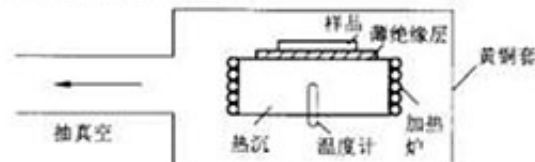


图1 样品架示意图

7.2.3 低温装置的温度范围为10K-400K, 控温精度应优于 $\pm 0.05\text{K}$ 。测温装置的温度传感元件应尽量靠近被测样品, 以保证测量温度与样品温度的一致性。

8 试样制备

8.1 单晶测量试样

按GB/T 4326对单晶硅测量试样进行加工处理, 超声清洗后晾干, 待用。

8.2 多晶测量试样

按GB/T 29057将多晶硅棒样品制备成单晶硅, 并按照上述标准规定的位置取样, 切割成厚度为1mm的圆片, 按范德保样片的要求将圆片制备成测量试样, 超声清洗后晾干, 待用。

8.3 欧姆电极的制备

利用蒸发、溅射等技术制备测量试样的电极,在不影响电极引线正常引出的情况下,电极的尺寸应尽可能小(最好点接触)、靠近边缘,并尽可能在样品对称的位置上制备电极(确保电极与样品欧姆接触)。

9 测试步骤

9.1 强待测样品防止在样品架上,密封置于液氮的致冷系统中,应于磁极中央,磁场应垂直样品表面。

9.2 开启真空泵,当真空度达到0.1Pa时,开启低温系统。

9.3 根据样品要求选定起始温度,并进行温度控制,待温度稳定后加磁场进行霍尔系数测量。

9.4 设定下一个温度点,待温度稳定后,重复9.3步骤,直到测定完全温区,得到 $n-T^{-1}$ 关系曲线。

9.5 为了减小误差,变温测量在低温区取点要密, $n-T^{-1}$ 关系曲线要求呈现明显的去离子化过程(以曲线光滑,不出现扭曲为好)。

10 数据处理

10.1 将不同温度下所获得的测量数据,根据式(6)进行计算,并取修正因子等于1进行修正。

11 精密度

在同一实验室,按照本标准,对同一N型多晶硅样品进行10次重复性测量,相对标准偏差(RSD)为5%。取补偿度在0.2~0.8的6个N型多晶硅样品,按照GB/T 24581测量施主杂质浓度和受主杂质浓度,然后利用公式 $K_n = N_A/N_D$ 计算得出的补偿度与按照本标准测量的补偿度偏差在15%以内。

12 报告

报告至少应包含以下内容:

- a) 送样单位和送样日期;
- b) 样品名称、规格和编号;
- c) 仪器型号;
- d) 测量环境;
- e) 测量结果,包括补偿度和关系曲线;
- f) 操作者、测量日期、测量单位。

原文地址: <http://www.china-nengyuan.com/tech/82807.html>