



中华人民共和国国家标准

GB/T 29850—2013

光伏电池用硅材料补偿度测量方法

Test method for measuring compensation degree of silicon
materials used for photovoltaic applications

2013-11-12 发布

2014-04-15 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
光伏电池用硅材料补偿度测量方法
GB/T 29850—2013

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.5 字数 10 千字
2014年1月第一版 2014年1月第一次印刷

*

书号: 155066·1-48023 定价 14.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国半导体设备和材料标准化技术委员会(SAC/TC 203)提出并归口。

本标准起草单位:信息产业专用材料质量监督检验中心、中国电子技术标准化研究院、无锡尚德太阳能电力有限公司、国家电子功能与辅助材料质量监督检验中心、天津市环欧半导体材料技术有限公司。

本标准主要起草人:董颜辉、何秀坤、郑彩萍、裴会川、冯亚彬、路景刚、张雪岗。

光伏电池用硅材料补偿度测量方法

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Ⅲ、Ⅴ族杂质含量的测试方法

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:

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

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 $g_A, m_e^*, N_D, N_A, E_j$ 5 个量作数据拟合,得到补偿度的表达式见式(4)、式(5):

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

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

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。

$$n = \gamma/e \cdot R_H \quad \dots\dots\dots(6)$$

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_H ——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 $15^\circ\text{C} \sim 28^\circ\text{C}$ 。
- 6.2 相对湿度应不大于 65%。
- 6.3 测试屏蔽室应无机械冲击, 避免振动, 无电磁干扰和大功率用电设备。

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 10^3 倍以上。

7.1.3 磁体

磁通密度应在 $0.2 \text{ T} \sim 1.0 \text{ T}$ 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通方向和测量相对应电极的电压, 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)。

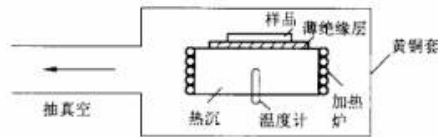


图1 样品架示意图

7.2.3 低温装置的温度范围为 $10 \text{ K} \sim 400 \text{ K}$,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

按照 GB/T 29057 将多晶硅样品制备成单晶硅,并按照上述标准规定的位置取样,切割成厚度为 1 mm 的圆片,按范德堡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 将待测样品放置在样品架上,密封置于磁体间的致冷系统中,位于磁极中央,磁场应垂直样品表面。

9.2 开启真空泵,当真空度达到 0.1 Pa 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 γ 因子等于 1 进行修正。
- 10.2 利用载流子浓度与温度变化关系的电中性方程进行计算机数据拟合分析,获得补偿度 K 值。

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。



GB/T 29850-2013

版权专有 侵权必究

书号:155066·1-48023

定价: 14.00 元