

非平衡载流子及其寿命的测量

1. 平衡载流子与非平衡载流子

当有光照射硅表面或者有电注入时，半导体就会出现呈现非平衡状态，此时电子浓度为 $n=n_0+\Delta n$ ，空穴浓度为 $p=p_0+\Delta p$ ，并且二者满足 $\Delta n=\Delta p$ 。

其中 Δn 和 Δp 称为非平衡载流子，也称为过剩载流子。（也就是偏离热平衡所增加的载流子，在太阳能电池而言光照是电池运作产生非平衡载流子的原动力。）

比如P型半导体：非平衡空穴为非平衡多数载流子，非平衡电子虽然是非平衡少数载流子，但起到的作用更大，通常说的非平衡载流子指的是“非平衡少数载流子”

2. 利用Al₂O₃钝化有什么作用：少数载流子寿命

非平衡载流子从产生到消失的时间即为其寿命，寿命越长，说明其存在的时间越长，就越有利于提高太阳能电池光电转换效率。光电导实验表面非平衡载流子的浓度下降呈现指数衰减。

复合过程：

载流子复合过程的分类与不同类别间的关系

商务条款FAQ

非平衡少数寿命有关的因素

3. 与相关表征参数的关系

少数寿命

越长，光电流 I_{ph} 越大， I_{ph} 越大，开路电压 V_{oc} 越大，随着少数寿命增加，短路电流 I_{sc} 和填充因子 FF 均会相应增大。

4. 少数载流子寿命的测量

几种少数寿命的测试技术

对于少数寿命的检测是基于公式：

$$\Delta p(t) = \Delta p_0 \cdot \exp(-t/\tau)$$

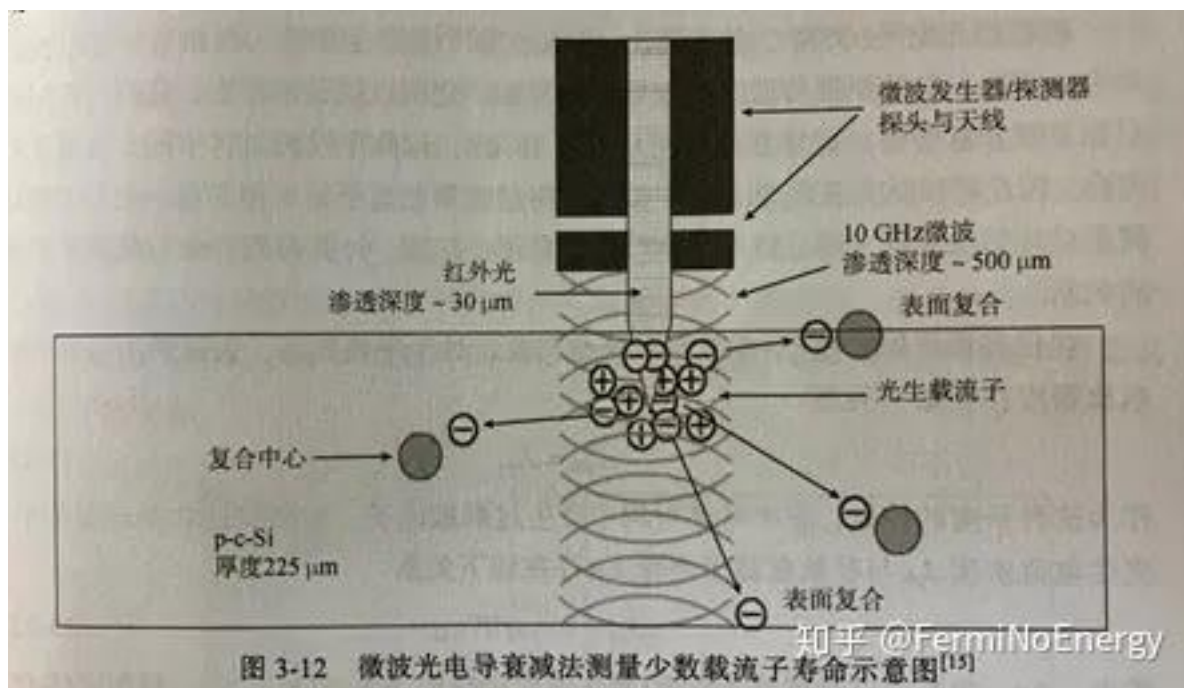
测量方法包括非平衡载流子的注入和检测两个方面。

光电导衰减法是目前国际上通用的测量少数寿命的方法，有**微波光电导衰减法**（microwave photoconductance decay, μ -PCD）和**准稳态光电导法**（quasi-steady state photoconductance, QSSPC）。

微波光电导衰减法

μ -PCD测试少数寿命包括光注入产生电子-

空穴对和微波探测信号的变化两个过程，测试的是有效寿命，包括体寿命和表面寿命。



商务条款FAQ

微波光电导衰减法测量少数载流子寿命的示意图

激光注入产生电子-

空穴对，样品电导率的增加，当撤去外界光注入的时候，**电导率会随着时间指数衰减**

，这种趋势反应少子的衰减趋势，则可以通过观测电导率随时间变化的趋势测少子寿命，依据微波信号的变化量与电导率的变化量成正比，微波信号可以探测电导率的变化。

对于太阳电池，该方法的优点是**测量结果与光强无关**

，是无接触、无损伤、快速测试，能够测试较低寿命，能够测试低电阻率的样品（最低可以测 $0.01\Omega\text{cm}$ 的样品）、既可以测试硅锭、硅棒，也可以测试硅片，电池样品没有经过钝化处理就可以直接测试、对测试样品的厚度没有严格的要求 缺点是在一个太阳光强下的寿命转化得到的信号太小了，需要克服噪声影响。

准稳态光电导法

QSSPC的原理与稳态光电导法类似，由于采用的**光源衰减非常缓慢**

，脉冲衰减时间是 $17\pm 8\text{ms}$ ，远高于被测材料中的少数载流子寿命，因此可以认为在测量过程中，被测材料的非平衡载流子处于恒定值，光源恒定时测量硅片的电导率，并且将电导率转化为载流子浓度，计算得到寿命与载流子浓度的关系。

商务条款FAQ

QSSPC测试系统示意图

QSSPC方法的优点在于它能够在大范围光强变化范围区间(10-5-1000suns)内对非平衡载流子浓度进行绝对测量，从而得出少子有效寿命。

该技术可以测试太阳能电池制作电极之前任何工艺步骤，同时，稳态扫描减少了陷阱效应的影响，因此可以用来测量多晶硅材料的少数载流子寿命，并且它测量的寿命值被认为是真实的寿命值，而不是微分寿命。

(唯一的)问答 ID: #1016

作者: solarrrd

更新时间：2023-10-09 08:34