

## 少子寿命测试及表面处理和钝化方法解析

少数载流子寿命(简称少子寿命)是半导体材料的一项重要参数,它对半导体器件的性能、太阳能电池的效率都有重要的影响,少子寿命高的话,电池效率相应的也高一点,少子寿命低的话,电池效率也会相应的变低。

鉴于目前 Semilab 少子寿命测试已在中国拥有众多的用户,并得到广大用户的一致认可。现就少子寿命测试中,用户反映的一些问题做出如下说明,供您在工作中参考:

1、Semilab  $\mu$ -PCD 微波光电导少子寿命的原理微波光电导衰退法(Microwave photoconductivity decay)测试少子寿命,主要包括激光注入产生电子-空穴对和微波探测信号的变化这两个过程。904nm 的激光注入(对于硅,注入深度大约为 30 $\mu$ m)产生电子-空穴对,导致样品电导率的增加,当撤去外界光注入时,电导率随时间指数衰减,这一趋势间接反映少数载流子的衰减趋势,从而通过微波探测电导率随时间变化的趋势就可以得到少数载流子的寿命。

少子寿命主要反映的是材料重金属沾污及缺陷的情况。

Semilab  $\mu$ -PCD 符合 ASTM 国际标准 F 1535 - 00

### 2、少子寿命测试的几种方法

通常少数载流子寿命是用实验方法测量的,各种测量方法都包括非平衡载流子的注入和检测两个基本方面。最常用的注入方法是光注入和电注入,而检测非平衡载流子的方法很多,如探测电导率的变化,探测微波反射或透射信号的变化等,这样组合就形成了许多寿命测试方法。近 30 年来发展了数十种测量寿命的方法,主要有:直流光电导衰退法;高频光电导衰退法;表面光电压法;少子脉冲漂移法;微波光电导衰减法等。

对于不同的测试方法,测试结果可能会有出入,因为不同的注入方法,表面状况的不同,探测和算法等也各不相同。因此,少子寿命测试没有绝对的精度概念,也没有国际认定的标准样片的标准,只有重复性,分辨率的概念。对于同一样品,不同测试方法之间需要作比对试验。但对于同是 Semilab 的设备,不论是 WT-2000 还是 WT-1000,测试结果是一致的。

$\mu$ -PCD 法相对于其他方法,有如下特点:

- (1) 无接触、无损伤、快速测试
- (2) 能够测试较低寿命

- (3) 能够测试低电阻率的样品（最低可以测 0.01ohmcm 的样品）
- (4) 既可以测试硅锭、硅棒，也可以测试硅片，电池
- (5) 样品没有经过钝化处理就可以直接测试
- (6) 既可以测试 P 型材料，也可以测试 N 型材料
- (7) 对测试样品的厚度没有严格的要求
- (8) 该方法是最受市场接受的少子寿命测试方法

### 3、表面处理和钝化的原因

$\mu$ -PCD 测试的是少子有效寿命，它受两个因素影响：体寿命和表面寿命。

测试的少子寿命可由下式表示

$$\frac{1}{\tau_{meas}} = \frac{1}{\tau_{bulk}} + \frac{1}{\tau_{diff} + \tau_{surf}} \quad (3-01)$$

其中

$$\tau_{diff} = \frac{d^2}{\pi^2 D_{n,p}} \quad \tau_{surf} = \frac{d}{2S}$$

$\tau_{diff}$  为少子从样品体内扩散到表面所需时间。 $\tau_{surf}$  为由于样品表面复合产生的表面寿命， $\tau_{meas}$  为样品的测试寿命， $d$  为样品厚度， $D_n, D_p$  分别为电子和空穴的扩散系数； $S$  为表面复合速度。

由式 (3-01) 可知，表面寿命对测试寿命有很大影响，使其偏离体寿命，图 3-02 是体寿命与测试寿命的关系。在样品厚度一定的情况下，即扩散寿命一定，如果表面复合速率很大，则在测试高体寿命样品时，测试寿命值与体寿命值就会偏差很大；而对于低体寿命的样品，不会使少子寿命降低很多。因此我们需对样品表面进行钝化，降低样品的表面复合速率。从图 3-02 我们可以看到，对于表面复合速率  $S$  为 1cm/s，或 10cm/s 的样品，即使在 1000  $\mu$ s 数量级的体寿命，测试寿命还是与体寿命偏差很小。即当样品的表面复合速率为 10cm/s 或更小的情况下，对于 1000  $\mu$ s 数量级高体寿命的样品，测试寿命也能用来表示体寿命。

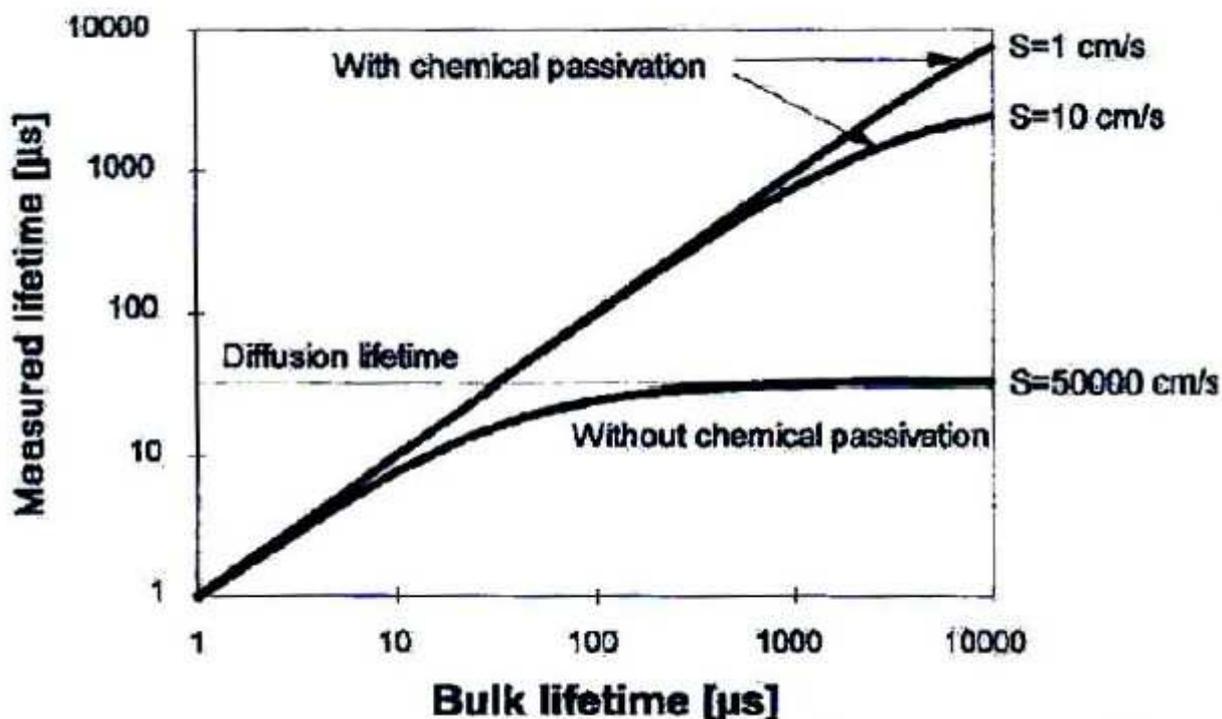


图 3-02 不同的表面复合速率下，体寿命和测试寿命的关系

总结：

(1) 为了使测试的有效寿命趋向于体寿命，我们要尽量减少表面寿命的影响，为此我们推荐使用表面钝化的方法，通常的钝化方法有热处理，化学钝化及硅片表面电荷沉积等方法。

(2) 对于太阳能领域，因材料表面不做抛光处理，所以我们推荐使用化学钝化的方法。

(3) 在体寿命较高，而表面寿命较低的情况下，化学钝化后测试寿命有较大提高，测试寿命更加趋向于体寿命。

(4) 在体寿命较低的情况下，比如 $<3\mu s$ ，化学钝化前后寿命值不会明显变化，可以认为此时测试寿命即为体寿命。

#### 4、表面处理和钝化的方法

为了有效减少表面复合，我们推荐下面的处理和钝化方法，供用户参考：

使用化学钝化前，对于不同的样品，需要不同的处理方法，主要是为了减少表面损伤层的影响：

(1) 对于抛光过或表面特别均匀的腐蚀过，而且是表面没有氧化层的样片，无需预先处理。

(2) 对于抛光过或表面特别均匀的腐蚀过，表面有氧化层的样片，在化学钝化前需要 HF 处理。

方法如下：在 5% HF 中浸泡一段时间，时间的长短取决于氧化层的厚度，如 20Å 的氧化层，需要 30 S；500-2000Å 的氧化层需要 5-10 分钟。

(3) 对于表面有损伤，或粗糙表面的样片（太阳能级样品大都属此列），需要预先处理：

在 HF+HN03（95%HN03 + 5% HF）中浸泡 1 分钟；

在经过预先处理之后，就可以使用碘酒的钝化处理方法，具体方法在设备安装时均已介绍，这里不再详述。碘酒浓度：0.2-5%，推荐 1 升乙醇配 10 克碘。

请注意：不要将碘酒滴在样片表面直接测试，因碘酒易挥发到探头上，从而影响探头的信号。