

# 光电化学法测定硅中少子扩散长度

骆 茂 民\*

(江西省科学院)

彭 瑞 伍

(中国科学院上海冶金研究所, 上海)

1987年12月29日收到

本文将 Gärtener 方程应用于硅材料，并提出了称之为  $I_0/I_{ph}-\alpha^{-1}$  法的光电化学法，用于测定硅中少子扩散长度。文中研究了实验条件对测量结果的影响，讨论了该法的实用价值和给出了与 SPV 法对比的实验结果。

**主题词：** 硅, 扩散长度, 液结

## 一、引言

测定硅中少子扩散长度的通用方法是表面光电压 (SPV) 法。Micheels<sup>[1]</sup>采用液结，对硅中少子  $L$  进行过测量，但其方法仍与 SPV 法相似。鉴于 Gärtener 方程在化合物半导体中的应用有许多问题<sup>[2]</sup>和尚未在硅中应用，以及液结所具有的许多优点，本文从 Gärtener 方程出发，研究了 Si/E1 液结的光电流特性，提出了测定硅中少子扩散长度的光电化学测试方法。

## 二、实验原理和方法

液结的光电流特性一般可用 Gärtener 方程描述。对硅而言，当单色光波长  $1.1 \mu\text{m} > \lambda > 0.8 \mu\text{m}$  时，方程简化为：

$$I_0/I_{ph} \doteq \frac{1}{L+W} (L + \alpha^{-1})$$

在样品电位恒定的情况下，改变入射单色光波长，由  $I_0/I_{ph}-\alpha^{-1}$  的线性关系可求出少子扩散长度。在入射单色光波长和光强及其它实验条件一定的情况下，如确定了  $I_0$  值，便可由样品的  $I_{ph}$  值的大小求出扩散长度  $L$  值。 $W$  可近似取作  $1-2 \mu\text{m}$ ，它对计算结果影响较小。

实验装置和 SPV 法测试装置基本相同，由于本文所述方法不要求样品输出信号恒定，所以信号反馈系统可以省去。

\* 系中国科学院上海冶金研究所 1985 届研究生。

样品与电解液接触形成液结，铂金电极与样品电极构成测试回路。实验中考虑了如何减少和消除电解液对单色光吸收所产生的影响和实验条件的选择。

### 三、结果与讨论

#### 1. Si/EI 结的 $I_{ph}$ - $V$ 特性

液结光电流特性如图 1 所示。当电位负于 -1.3 伏时，光电流与入射光强成严格地正比关系，它随电位变化很小。 $L$  测量时，样品电位选在负于 -1.3 伏。这样，光电流信号既大又稳，而且受测试回路中各种串联电阻的影响极小。（测量时，入射光强是否适当、或过强，可在液结的光电流特性曲线上很直接地反应出来。）

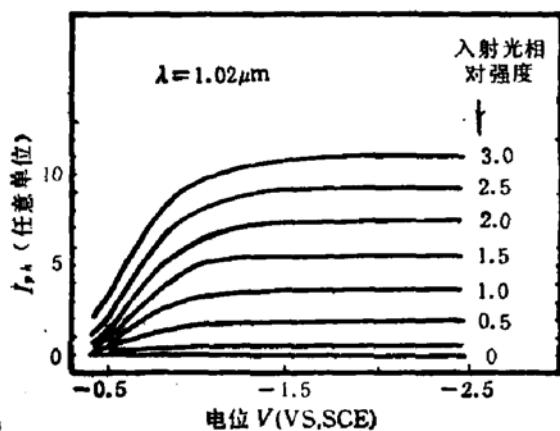


图 1 8-15Ωcm P-Si/IM KOH 液结的  $I_{ph}$ - $V$  关系

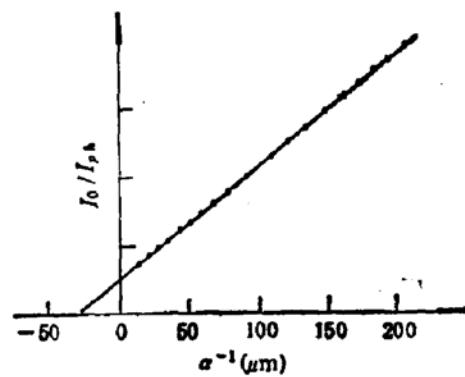


图 2  $I_0/I_{ph} - \alpha^{-1}$  法求  $L$  采用 n-Si/CH<sub>3</sub>CN + (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NCl 液结

#### 2. $I_0/I_{ph} - \alpha^{-1}$ 法测定硅中少子扩散长度 $L$

图 2 是使用  $I_0/I_{ph} - \alpha^{-1}$  法求  $L$ ，从图可见，数据点之间有很好的线性关系。用最小二乘法拟合得  $n = 19$ ,  $\gamma = 0.9993$ ,  $L = 32.6 \mu m$ ,  $s_{b0} = 1.3 \mu m$ 。

在入射光一定时，由于已对样品施加偏压，提高了表面势垒高度，使光电流增大；并且光电流受测试回路中串联电阻的影响很小，适当地将取样电阻选大些；这样，样品输出信号可增大许多。从而降低对电信号放大系统的要求。

在系统固定，光源的电源电压恒定时， $I_0 \sim \lambda$  分布数据是基本不变的。其数据可反复使用，而不致造成大的误差。这使测量简单方便。

该法不要求  $I_{ph}$  恒定，因此不易出现长波长段光强不够强的现象；在 SPV 法中的信号反馈系统可省去，使系统的稳定性和重现性得到提高。

样品的表面状况和选用电解液的种类对扩散长度测试结果的影响很小。

为了测定  $L$  值的连续分布，在确定指定波长下的  $I_0$  值以后，由光电流的大小可求出  $L$  值。对  $I_{ph}$  连续测定可得  $L$  值的连续分布。其中  $I_0$  可由  $I_0/I_{ph} - \alpha^{-1}$  法求出样品某处的  $L$  值，然后将  $I_{ph}$ 、 $\alpha^{-1}$ 、 $L$  值代入 Gärtener 方程求出。它是由实验条件决定的。

### 3. 应用

表1是使用光电化学法为电子工业部48所的电子束辐照样品测得的部分实验结果，表中也列出了SPV法的测量结果，以便比较。从表可见，二种方法所得结果基本一致。电子束辐照能大大降低样品中的少子扩散长度。当扫描次数增加到160、180次时，少子扩散长度值开始大幅度下降；由1#、2#样品L值的大幅度下降（相对于4#保留样品）和它们之间的差值不大说明，辐照损伤的深度是很深的，使用光电化学法对它们进行测量是可行的。

电解液与单晶硅或硅片形成液结十分容易，它不要求样品表面很平整，使用光电化学法测定硅中L是方便的。尤其是作L值的连续分布测量。对Si/El液结，由于样品表面势垒高度可随意调节并稳定在指定值，所以液结光信号可以很大很稳，对P型样品，也不存在SPV法测量时易出现的光信号较小，且不稳定的现象。

表1 电子工业部48所的电子束辐照样品的少子扩散长度的部分测试结果

样品编号	导电类型	电子束辐照条件			L测量结果(μm)	
		加速电压(kV)	电子束流(mA)	扫描次数和条件	光电化学法	SPV法*
1#	P	20	120	180 正面受辐射	5.5	2
2#	P	20	120	180 背面受辐射	24	18
3#	P	20	120	正面被2#掩蔽	120	116
4#	P	—	—	保留样品	120	
5#	N	20	120	198	24.5	
6#	N	20	120	180	29	
7#	N	20	120	160	54.5	
8#	N	20	120	120	164	
9#	N	—	—	0	183	

\*：复旦大学测量结果

## 四、结 论

本文扩大了Gärtener方程式的应用范围，描述了Si/El液结的光电流特性及实验条件对结果的影响。提出了测定硅中少子扩散长度的光电化学方法，并进行了大量的实验研究。和通用的SPV法进行了相互比较，结果基本一致。

本文提出的测试方法具有准确、快速、简单、方便，且对测试系统要求较低的特点，它可用于测定或连续测定晶片、晶锭中少子扩散长度和扩散长度的连续分布，且对被测样品表面要求较低。该法具有较大的实用价值。

## 参 考 文 献

- [1] Ronald H.Micheels, R.David Rauh, *J.Electrochem. Soc.*, 131, 217(1984).

[2] 路茂民,硕士论文,中国科学院上海冶金研究所(1985)。

## Determination of Minority Carrier Diffusion Length in Silicon by Photoelectrochemical Method

Luo Maomin

(Jiangxi Academy of Sciences)

Pen Ruiwu

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)

### Abstract

A photoelectrochemical  $I_0/I_{ph} - \alpha^{-1}$  method for determination of minority carrier diffusion length, L, in silicon is suggested on the basis of Gärtener equation. The effect of experimental conditions on the measured results is presented. The application of this method is discussed, and a comparison of this method with SPV method is given.

**KEY WORDS:** Silicon, Diffusion length Liquid Junction