

电化学光伏法测定 n- 和 p-GaAs 少子扩散长度

王周成 彭瑞伍

(中国科学院福建物质结构研究所) (中国科学院上海冶金研究所)

彭承 孙恒慧

(复旦大学物理系, 上海)

1989年8月9日收到

从 GaAs/电解液界面的电化学研究, 提出了一种适合于测定化合物半导体少子扩散长度的光电化学新方法——电化学光伏法, 用它成功地测定了 n- 和 p-GaAs 体单晶及外延层的少子扩散长度。

主题词 电化学光伏法, GaAs, 少子扩散长度

一、引言

少子扩散长度是半导体材料的重要参数。目前测量化合物半导体少子扩散长度的光电化学方法, 即 Grtner 法^[1,2], 受很多因素的限制, 并在原理上作了较多的简化, 影响测量结果的准确性^[3]。而固结表面光伏 (SPV) 法虽然具有设备较简单、测量结果不受表面复合的影响等优点^[4], 但它只能用于测定 n 型材料, 对于 p 型材料, 因其光伏信号很小, 不易测准。为了克服上述方法的缺点, 我们从 GaAs/电解液界面的电化学研究, 提出了一种既适合于测定 n 型又适合于测定 p 型化合物半导体少子扩散长度的光电化学新方法——电化学光伏法。

二、实验原理

当用 $h\nu > E_g$ 的单色光照射半导体/电解液界面, 半导体将吸收光产生非平衡载流子, 由于表面能带弯曲形成的势垒区中的电场将光激发产生的电子-空穴对分开, 产生表面光伏, 同时由于电子和空穴的光扩散电势差产生 Dember 电压, 两者之和即为测得的光伏信号 ΔV_{ph} 。在适当选取的波段范围内, 改变入射光波长, 调节入射光强, 保持光伏信号 ΔV_{ph} 恒定在某一较大的稳定值, 由探测器测得不同波时光强的相对值 I , 则 I 与材料吸收系数的倒数 α^{-1} 和少子扩散长度 L 满足如下的线性关系^[5]

$$I = c \cdot (\alpha^{-1} + L)$$

式中 c 是比例常数。这样，把 I 对 α^{-1} 作图，其直线在 α^{-1} 轴上的负截距即为所测样品的少子扩散长度。

实验所用的样品是 GaAs 体单晶及汽相外延片，装在特制的电解池中。样品光照面与电解液形成 Schottky 势垒接触，背面涂 GaInSn 合金形成欧姆接触。使用的电解液 n 型样品选为 0.1N KOH，P 型样品选为 0.1N H₂SO₄。

三、结果与讨论

为了选择合适的电解液和确定液结的稳定性，我们分别使用各种电解液进行了电化学表面光伏的研究。经过反复实验表明，在适当的条件下，样品在电解液中长时间放置，其光伏信号基本不变，不同时刻对同一样品的少子扩散长度测量结果也基本相同，这说明

液结具有长时间的稳定性。图 1 给出了在不同电解液中和不同的表面光伏下，n-GaAs 体单晶的少子扩散长度测量结果。

由图 1 可见， I 与 α^{-1} 之间呈良好线性，各条直线在 α^{-1} 轴上都基本上相交于一点，这说明电解液的种类对样品少子扩散长度的测量结果没有影响。但实验中发现，n 型样品在碱性溶液中光伏信号较大，而 P 型样品则在酸性溶液中光伏信号较大，这可认为是在不同的电解液中半导体的表面势垒不同所

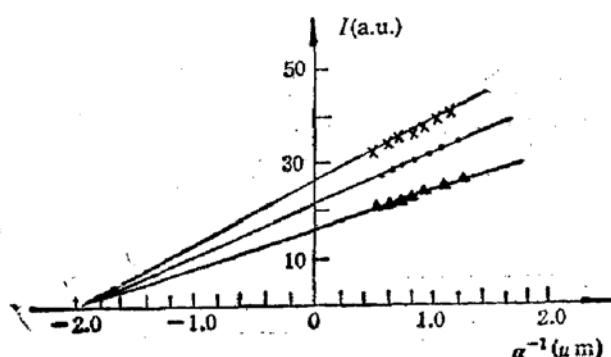


图 1 不同电解液中和不同光伏下 n-GaAs 体单晶的少子扩散长度

$$\begin{aligned} n &= 3.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}, L_p = 1.93 \pm 0.16 \mu\text{m} \\ \times & 0.1\text{N KOH}, \Delta V_{ph} = 0.4 \text{ mV} \quad \bullet 0.1\text{N KCl}, \\ \Delta V_{ph} &= 0.3 \text{ mV} \quad \blacktriangle 0.1\text{N H}_2\text{SO}_4, \Delta V_{ph} = 0.1 \text{ mV} \end{aligned}$$

致^[6]。因此，可以通过选择合适的电解液来获得较大的表面势垒，从而得到较大的稳定的光伏信号。所以，本实验方法不仅适合于测定 n 型样品的少子扩散长度，也尤其适合于测定 P 型样品，这是本方法的最大优点。

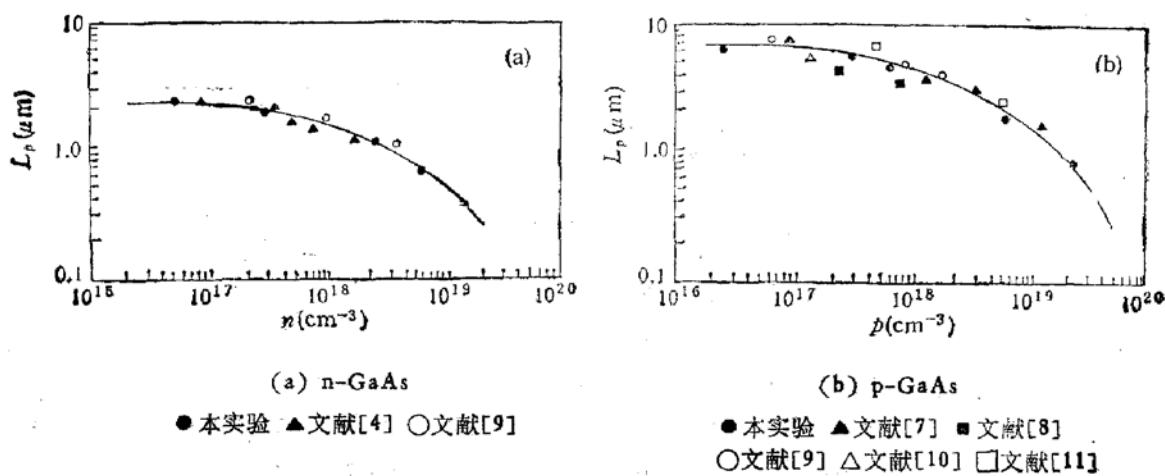


图 2 n- 和 p-GaAs 外延片的少子扩散长度随载流子浓度的变化关系

图 2 给出了 n- 和 p-GaAs 气相外延片的少子扩散长度 L_n 与 L_p 随载流子浓度 N 和 P 变化的关系曲线，图中同时给出了不同文献上报道的数据以作比较。由图可见，用本方法测得的少子扩散长度随载流子浓度的变化关系，同文献上用其它方法所得出的结果是很一致的。

综前所述，本方法综合了半导体/电解液结的光电化学特性和固结 SPV 法的优点，具有非破坏样品、设备简单、精度较高、测量结果不受表面状态影响等特点。只要准确知道被测样品的光吸收系数，可推广到任何半导体材料上，因此是一种测定少子扩散长度方便且可靠的方法。

参 考 文 献

- [1] A. Lastras-Martinez *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **36**, 459(1980).
- [2] 邵永富, 陈自姚, 半导体学报, **7**, 441(1986).
- [3] 骆茂民, 彭瑞伍, 1985 年砷化镓及有关化合物会议论文集摘要, 中国有色金属学会半导体材料学术委员会, 第 52 页, 1985, 峨眉。
- [4] 陈朝, 沈凯华, 1981 年砷化镓及有关化合物会议论文集, 中国有色金属学会半导体材料学术委员会, 第 227 页, 1981, 上海。
- [5] A. M. Goodman, *J. Appl. Phys.*, **32**, 2250 (1961).
- [6] W. H. Lafleure *et al.*, *Surface Sci.*, **44**, 541 (1974).
- [7] D. R. Wight *et al.*, *J. Crystal Growth*, **55**, 183 (1981).
- [8] T. Kawakami *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **12**, 151 (1973).
- [9] H. C. Casey, Jr. *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **44**, 1281 (1973).
- [10] M. Ettenberg *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **46**, 3500 (1975).
- [11] L. W. Aukerman *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **38**, 685 (1967).

Minority Carrier Diffusion Length Measurements in n- and p-GaAs by Electrochemical Photovoltage Method

Wang Zhoucheng

(Fujian Institute of Research on Structure of Matter, Academia Sinica)

Peng Ruiwu

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)

Peng Cheng and Sun Henghui

(Department of Physics, Fudan University)

Abstract

On the basis of electrochemical study on GaAs/electrolyte junction, a new photoelectrochemical method, electrochemical photovoltage method, is reported for the determination of minority carrier diffusion length in compound semiconductors. The method has been successfully used to determine the minority carrier diffusion length in n- and p-GaAs.

Key words Electrochemical photovoltage method, GaAs, Minority carrier diffusion length