



中华人民共和国国家标准

GB/T 11068—2006
代替 GB/T 11068—1989

砷化镓外延层载流子浓度 电容-电压测量方法

Gallium arsenide epitaxial layer—Determination of carrier
concentration voltage-capacitance method



061214000157

2006-07-18 发布

2006-11-01 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

前 言

本标准是对 GB/T 11068—1989《砷化镓外延层载流子浓度电容-电压测量方法》的修订。本标准在原标准基础上,参考 DIN 50439《电容-电压法和汞探针测定半导体单晶材料掺杂剂的浓度剖面分布》编制的。

本标准与原标准相比主要变动如下:

- 原标准规定,在制作高阻衬底样品的欧姆电极时,要在氮气保护及 400℃下合金化 5 min,而经验表明,在 350℃~450℃的温度下合金化,都可得到好的欧姆接触电极,故将此项要求改为在 350℃~400℃及氮气保护下,合金化 5 min~10 min;
- 取消了原标准对环境的要求,因为在通常的实验室条件下,所用仪器和测试方法本身对环境温度和湿度并不十分敏感,特别是成套仪器。但由于载流子浓度与温度有关,故应在测量报告中标明测量时的环境温度;
- 简化了原标准关于电容仪校准的文字表述。

本标准自实施之日起代替 GB/T 11068—1989。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:北京有色金属研究总院。

本标准主要起草人:王彤涵。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会负责解释。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 11068—1989。

砷化镓外延层载流子浓度 电容-电压测量方法

1 范围

本标准规定了砷化镓外延层载流子浓度电容-电压测量方法,适用于砷化镓外延层基体材料中载流子浓度的测量。测量范围: $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

2.1

击穿电压 **breakdown voltage**

当反向偏压增加到某一值时,肖特基结就失去阻挡作用,反向电流迅速增大时的电压值。

2.2

接触面积 **contact area**

汞探针与试样表面的有效接触面积。

2.3

势垒电容 **barrier capacitance**

半导体内垂直于接触面的空间电荷区的电容。

2.4

势垒宽度 **barrier width**

起势垒作用的空间电荷区的线性宽度。

2.5

载流子浓度纵向分布 **longitudinal distribution of carrier concentration**

自半导体表面向体内垂直方向上载流子浓度与深度的对应关系。

3 原理

汞探针与砷化镓表面接触形成肖特基势垒,当反向偏压增大时,势垒区向砷化镓内部扩展。用高频小讯号测量某一反向偏压下的势垒电容 $C(F)$ 及由反向偏压增量 $\Delta V(V)$ 引起的势垒电容增量 $\Delta C(F)$, 根据公式(1)和公式(2)可计算出势垒扩展深度 X 和其相应的载流子浓度 $N(X)$ 。

$$X = \frac{\epsilon_0 \epsilon A}{C} \dots\dots\dots (1)$$

$$N(X) = \frac{C^3 \times \left(-\frac{\Delta V}{\Delta C}\right)}{e \epsilon_0 \epsilon A^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

X ——势垒扩展宽度,单位 μm ;

C ——势垒电容,单位 F ;

ΔV ——反向偏压增量,单位 V ;

ΔC ——势垒电容增量,单位 F ;

$N(X)$ ——载流子浓度,单位 cm^{-3} ;

- A ——汞-砷化镓接触面积,单位 cm^2 ;
 ϵ_0 ——真空介电常数,其值为 8.859×10^{12} ,单位 F/m ;
 ϵ ——砷化镓相对介电常数,其值为 13.18;
 e ——单位电荷,其值为 1.602×10^{19} ,单位 C 。

4 试剂

- 4.1 硫酸($\rho 1.84 \text{ g/mL}$),浓度 95%~98%,优级纯;
4.2 过氧化氢($\rho 1.00 \text{ g/mL}$),浓度 30%,优级纯。

5 仪器

5.1 电容仪或电容电桥:

量程为 $1 \text{ pF} \sim 1\,000 \text{ pF}$,误差不大于满刻度的 1%,测量频率为 $0.1 \text{ MHz} \sim 1 \text{ MHz}$,测试讯号小于 25 mV 。

5.2 数字电压表

灵敏度不低于 1 mV ,误差不大于满刻度的 0.5%,输入阻抗不小于 $10 \text{ M}\Omega$ 。

5.3 直流电源

电压 $0 \text{ V} \sim 100 \text{ V}$,连续可调,波纹系数不大于 0.03%或波纹电压小于 3 mV 。

5.4 晶体管特性图示仪

灵敏度不低于 $10 \mu\text{A/cm}$ 。

5.5 标准电容 A 和 B

电容 A 和 B 分别为 10 pF 和 100 pF ,在测量频率下误差不大于 0.25%。

5.6 汞探针样品台

应能屏蔽光和电磁干扰,汞探针能上下调节。

5.7 测量显微镜

标尺误差不大于满刻度的 0.5%。

6 样品和电极

6.1 砷化镓单晶片

样品经机械抛光后,在硫酸、过氧化氢和去离子水以 3:1:1 为体积比的溶液中腐蚀 $20 \text{ s} \sim 30 \text{ s}$,使表面光亮即可,再用去离子水冲洗干净。然后在温度 $150^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 氮气流里烘干 $5 \text{ min} \sim 10 \text{ min}$ 。

6.2 砷化镓外延片

使用清洁光亮的原生长表面。

6.3 欧姆电极

6.3.1 对低电阻率衬底样品,在其背面涂水,紧贴在金属样品台上。由于背面-水-样品台引起的容抗,远较势垒电容的容抗小,测得的电容可认为是势垒电容。

6.3.2 对高电阻率衬底样品,欧姆电极应做在低电阻率外延层上。电极材料用钢或镓-钢合金,在 $350^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ 及氮气保护下,合金化 $5 \text{ min} \sim 10 \text{ min}$ 。

6.4 外延层厚度范围

可测量外延层的最小厚度受起始测量偏压下势垒宽度的限制,最大厚度受肖特基结击穿电压限制,两者与载流子浓度的依赖关系如图 1 所示。若外延层厚度大于可测最大厚度,外延层载流子浓度需逐层腐蚀测量。

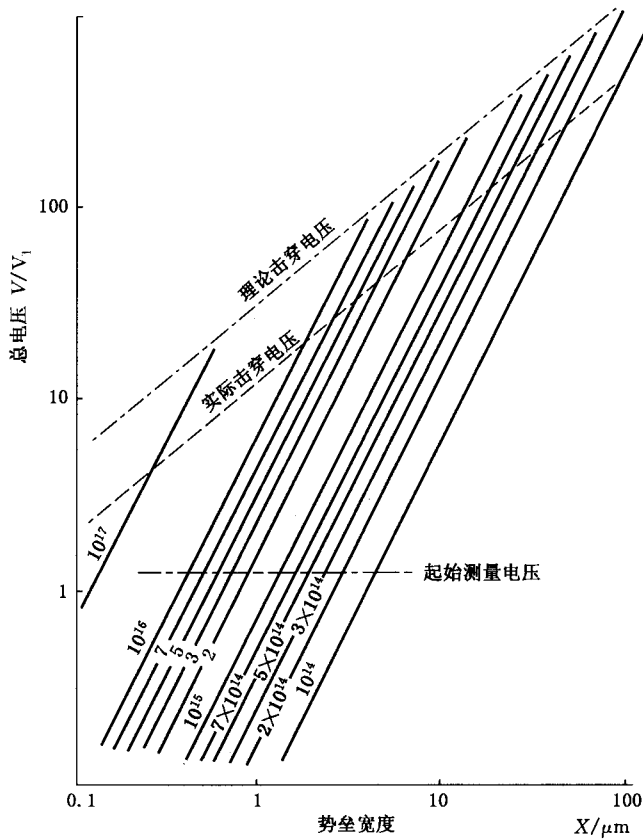


图 1 砷化镓势垒宽度、击穿电压与载流子浓度的关系曲线

6.5 汞探针

取直径为 1 mm,长 4 cm 的银丝,一端连接外引线,另一端用环氧树脂封入约 5 mm 长的玻璃毛细管内,银丝露出端面,磨平,用去离子水清洗干净,沾上一滴汞,即成汞探针。汞表面应清洁。须特别注意汞及其蒸气是有毒物质,应有相应的防护措施。操作应在通风条件下进行。

7 测量步骤

7.1 电容仪的校准

- 7.1.1 把长度适当的屏蔽电缆接到电容仪上(此时电缆应不与标准电容连接),调节电容仪零点。
- 7.1.2 分别将电缆与标准电容 A 和 B 连接,测量并记录电容值(pF),如果电容仪低于 5.1 条款的要求,应按说明书调整。电容仪校准完后,断开标准电容。

7.2 测量样品击穿电压

- 7.2.1 对低电阻率衬底样品,在其背面涂水,紧贴在金属样品台上;对高电阻率衬底试样,应使欧姆电极与金属样品台形成良好接触。然后使汞探针与试样表面接触,借助显微镜调节接触面积。
- 7.2.2 用屏蔽电缆将试样欧姆电极和汞探针分别与晶体管特性图示仪的晶体管插座 e 和 c 连接(在 PNP 型晶体管测量状态下),观测试样反向特性,测量并记录击穿电压 V_B 的值。根据反向特性及击穿电压的观测结果检验肖特基势垒是否形成。

7.3 测量势垒电容

- 7.3.1 将样品台与电容仪连接。电容仪的低端与试样欧姆电极连接,高端与汞探针连接。电容仪置于大量程,施加 0.5 V 反向偏压,根据电容仪的读数,选择合适的量程。

7.3.2 提升汞探针,使其与试样表面正好断开,调节该量程零点。

7.3.3 降下汞探针并与试样表面接触,精确调节接触面积。

7.3.4 在反向偏压 $V_1 = 0.5 \text{ V}$ 下测量势垒电容值 C_{M1} 并记录对于数据,完成数据记录表。反向偏压值记为正数,各数据取 3 位有效数字。

数据记录表应包括下列内容:

- a) 反向偏压, V (单位 V);
- b) 势垒电容测量值, C_M (单位 pF);
- c) 势垒电容修正值, C (单位 pF);
- d) 势垒扩展深度, X (单位 μm);
- e) 载流子浓度, N (单位 cm^{-3})。

7.3.5 调节反向偏压,使势垒电容比 C_{M1} 降低 $4\% \sim 6\%$,记录此时的反向偏压 V_2 与势垒电容 C_{M2} ,记入数据记录表。

7.3.6 逐次降低势垒电容 $4\% \sim 6\%$,重复记录反向偏压与势垒电容。直到反向偏压接近击穿电压或反向电流密度大于 $30 \mu\text{A}/\text{mm}^2$ 即停止测量。测量完毕后,将反向偏压降至零。

8 计算

8.1 测量出的势垒电容值 (C_{Mi}) 按式(3)进行修正,修正值 C_i 记入数据记录表。

$$C_{Mi} = C_i \times \left(1 + \frac{0.575D}{C_{Mi}}\right) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- C_{Mi} ——第 i 次势垒电容测量值,单位 pF ;
- C_i ——经修正后的势垒电容值,单位 pF ;
- D ——汞探针接触面的直径,单位 mm 。

8.2 势垒扩展深度 $X(\mu\text{m})$ 及载流子浓度 $N(X)(\text{cm}^{-3})$ 按式(4)、式(5)计算。计算结果记入数据记录表。

$$X_i = 1.83 \times 10^2 \times \frac{D^2}{C_i + C_{i+1}} \dots\dots\dots (4)$$

$$N(X_i) = 1.08 \times 10^{10} \times \frac{(C_i + C_{i+1})^3 \times (V_{i+1} - V_i)}{D^4 \times (C_i - C_{i+1})} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- X_i ——第 i 次测量时势垒扩展深度,单位 μm ;
- $N(X_i)$ ——对应于势垒扩展深度 X_i 处的载流子浓度,单位 cm^{-3} ;
- C_i —— C_{Mi} 经式(3)修正后的势垒电容值,单位 pF ;
- C_{i+1} —— C_{Mi+1} 经式(3)修正后的势垒电容值,单位 pF ;
- V_i ——第 i 次外加反向偏压值,单位伏特;
- V_{i+1} ——第 $i+1$ 次外加反向偏压值,单位伏特。

当各个 $N(X_i)$ 值在其平均值上下相对涨落小于 10% 时,载流子浓度 N 取平均值。否则,以 $\lg N(X_i)$ 对 X_i 作图,画出载流子浓度分布曲线。

9 精密度

本测量方法单一实验室及多实验室测量精密度不大于 $\pm 10\%$ 。

10 测试报告

测试报告应包括下列内容：

- a) 样品名称和类型；
 - b) 图示样品测量点的位置；
 - c) 平均载流子浓度或载流子浓度分布曲线；
 - d) 其他(需要时可附加说明)。
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
砷化镓外延层载流子浓度
电容-电压测量方法

GB/T 11068—2006

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

网址 www.bzcbbs.com

电话:68523946 68517548

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 0.75 字数 11 千字

2006 年 11 月第一版 2006 年 11 月第一次印刷

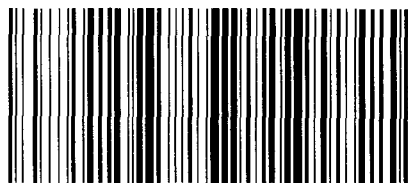
*

书号: 155066 • 1-28181 定价 10.00 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)68533533



GB/T 11068-2006