

# 用阶跃恢复法测定砷化镓结型 (p-n 和 M-S 结) 两极管的载流子寿命\*1)

王 渭 源

(中国科学院上海冶金研究所)

## 提 要

本文报告了我们用阶跃恢复法测定砷化镓两极管载流子寿命的初步结果。首先,对硅阶跃两极管用反向恢复法和阶跃恢复法两种方法测寿命,经比较结果,数据相当符合。在此基础上提出了阶跃恢复法的测试条件,并认为这一方法测得的 p-n 结两极管寿命即少数载流子寿命。然后,用阶跃恢复法测定了砷化镓 p-n 结两极管的少数载流子寿命。我们也测定了砷化镓 M-S 结两极管的寿命,经过分析,认为它不是少数载流子寿命。

## 一、引 言

少数载流子寿命是半导体材料和器件的一个重要参量。少数载流子寿命对晶体三极管、太阳能电池、阶跃管、开关管以及一些 III-V 族化合物的发光管等等,都有影响。通过少数载流子寿命的测定,将使我们材料的深复合中心的行为有所了解。

硅、锗材料少数载流子寿命的各种测定方法,曾由 Bullis<sup>[1]</sup>作过归纳, Milnes<sup>[2]</sup>对测试方法作了评述。在砷化镓方面,由于少数载流子寿命短至  $10^{-9}$  sec 或更低的数量级,给测定带来极大困难。六十年代, Hilsum & Holeman<sup>[3]</sup> 和 Колчанова, Наследов<sup>[4]</sup> 从测定砷化镓光电导和光磁效应来计算少数载流子寿命,但此后我们不曾看到运用这一方法的报道。后来,陆续有一些作者从测定少数载流子扩散长度来计算少数载流子寿命 (Ashley & Biard<sup>[5]</sup>, Кустов, Орлов<sup>[6]</sup>, Ambridge 等<sup>[7]</sup>, Hwang<sup>[8]</sup>)。利用测定两极管从正向偏置转向反向偏置的瞬态特性中的存储时间或恢复时间或两者之和,可以获得少数载流子寿命 (以下简称反向恢复法, Kingston<sup>[9]</sup>, Bakanowski & Forster<sup>[10]</sup>, Moll 等<sup>[11]</sup>, Dean & Neuse<sup>[12]</sup>, Wayne & Edward<sup>[13]</sup>)。但这种方法受脉冲讯号源上升时间的限制,可测的少数载流子寿命限于  $\geq 5 \times 10^{-10}$  sec<sup>[12]</sup>。我们注意到 Krakauer<sup>[14]</sup> 提出的利用两极管在正弦波作用下电荷存储阶跃恢复特性测两极管的寿命(以下简称阶跃恢复法),方法简便,可测  $< 10^{-10}$  sec 数量级,但由于原文作者对两极管寿命的物理意义和测试条件未作讨论,故仅为少数作者所利用 (Saltich & Chark<sup>[15]</sup>)。

本文中,我们报告了利用阶跃恢复法测两极管载流子寿命的初步结果。

\* 1978年4月24日收到。

1) 测试中,张镇瑶,伍炳权同志给予不少帮助,特此致谢。

## 二、实验方法

**1. 实验所用的两极管** 实验所用两极管计三种：(i) 硅阶跃两极管两只，硼扩散缓变 p-n 结，测试编号 Si-D-1 及 Si-D-2。(ii) 砷化镓扩散台面 p<sup>+</sup>-n 结两极管七只， $\phi 1.8\text{mm}$  同轴封装，测试编号 GaAs-D-1 至 GaAs-D-7 (系用不同编号的若干片 n<sup>+</sup>-n 外延片制备，外延层厚度  $d = 2-3\mu\text{m}$ ，晶向  $\langle 100 \rangle$ ， $n = 3-8 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ )。两极管  $R_c(25\text{mA}) = 1.5-2\Omega$ ， $V_B(-1\mu\text{A}) \sim 10\text{V}$ ， $C_j = 0.62-0.14\text{pf}$  (按  $C_j$  大小次序编号)。(iii) 砷化镓 Ni·Cr-nGaAs 肖脱基势垒接触平面两极管五只， $\phi 1.8\text{mm}$  同轴封装，测试编号 GaAs-D\*-1 至 GaAs-D\*-5 (系用三个编号的 n<sup>+</sup>-n 外延片制备，但参数比较接近， $d = 0.8\mu\text{m}$ ，晶向  $\langle 100 \rangle$ ， $n = 9 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ )。两极管  $R_c(25\text{mA}) = 1.5-2\Omega$ ， $V_B(-1\mu\text{A}) = 5-7\text{V}$ ， $C_j = 0.51-0.28\text{pf}$  (按  $C_j$  大小次序编号)。

**2. 阶跃恢复法测试原理及装置** 图 1 表示两极管上施加正弦波电压  $E_p \sin \omega t$  的电流瞬态特性。理想的开关两极管没有反向导电，当有电荷存储时两极管在反向半波内，有一个短促的通导时间，然后突然截止<sup>[16]</sup>。但我们发现，改变正弦波的角频率  $\omega (=2\pi f)$ ，两种情况可以互为转化(同一个两极管)，降低  $\omega$  可成为“开关”，提高  $\omega$  可过渡到“电荷存储”。仔细考察电荷存储两极管，电流落后电压一个角度  $\theta$ ，而电流达到反向峰值  $i_{p,r}$  突然截止之点总储存电荷  $Q(t) = 0$  (分别参见图 1(c) 和 1(d))。

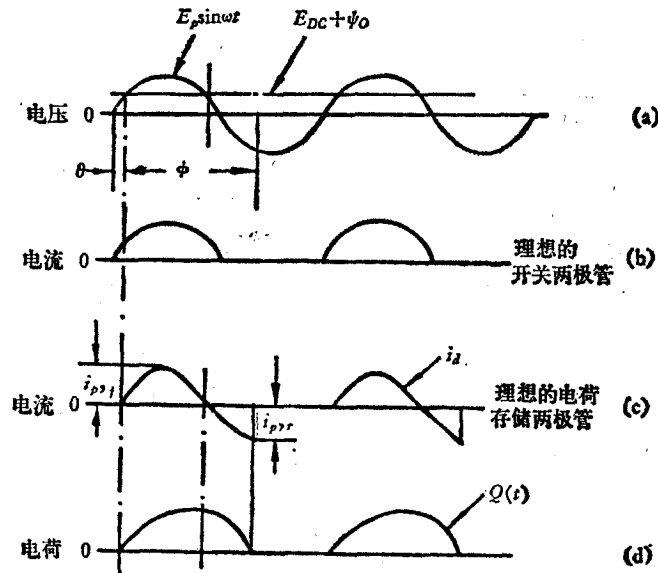


图 1 施加正弦波电压后两极管的瞬态特性<sup>[14,16]</sup>

根据存储电荷连续性方程式，当  $0 \leq \omega\tau \leq 0.3$  和  $0 \leq \sin \theta \leq 0.3$ ，Krauker 导得<sup>[14]</sup>

$$\omega\tau = \frac{i_{p,r}\tau}{E_p/R_c} \quad (1)$$

而在正向导通时，

$$i_{p,f} = \frac{E_p - \phi_0}{R_c} = \frac{E_p}{R_c} \left(1 - \frac{\phi_0}{E_p}\right) \quad (2)$$

于是有

$$\omega\tau = \frac{i_{p,r}}{i_{p,f}} \left(1 - \frac{\phi_0}{E_p}\right), \quad (3)$$

或可写为

$$\tau = \frac{i_{p,r}}{i_{p,f}} \cdot \frac{\left(1 - \frac{\phi_0}{E_p}\right)}{2\pi f}, \quad (4)$$

式中,  $\tau$  是两极管载流子寿命, 但原文作者对  $\tau$  的物理意义未作讨论.  $\phi_0$  是两极管的正向压降,  $R_c$  是回路总阻抗. 我们注意到当  $E_p$  选取 10 伏数量级,  $\phi_0/E_p \ll 1$ , 于是

$$\omega\tau \approx \frac{i_{p,r}}{i_{p,f}}. \quad (5)$$

为了满足  $\omega\tau \leq 0.3$ , 要求  $i_{p,r}/i_{p,f} \leq 0.3$ . 这提示, 测定一个未知  $\tau$  的两极管,  $\omega (=2\pi f)$  应选取使  $i_{p,r}/i_{p,f} \leq 0.3$ . 另外, 实验中发现, 当  $\omega$  选得较低以至  $i_{p,r}/i_{p,f} < 0.1$  时, 测得的  $\tau$  误差较大, 原因是过小的  $i_{p,r}$  在示波器上无法读准. 图 2(a) 系实际测定两极管  $\tau$  的测试方框图. 由于实际两极管中除正向和存储导电外, 还有电容性导电, 有时取样示波器上观察到的电流波形将如图 2(b) 所示 (图 1(c) 系理想的电荷存储两极管). 根据取样示波器上显示的电流波形, 可读出  $i_{p,f}$  和  $i_{p,r}$ . 必须指出,  $i_{p,r}$  并不是从基线而是从电容性导电延长线读出, 原因是要消除电容性导电的贡献<sup>[14]</sup>. 改变高频讯号源的  $f$ , 使图示的  $i_{p,r}/i_{p,f}$  在 0.15—0.3 间, 是测准两极管  $\tau$  的一个关键. 测准  $\tau$  的其他条件还有: 稳定的正弦波信

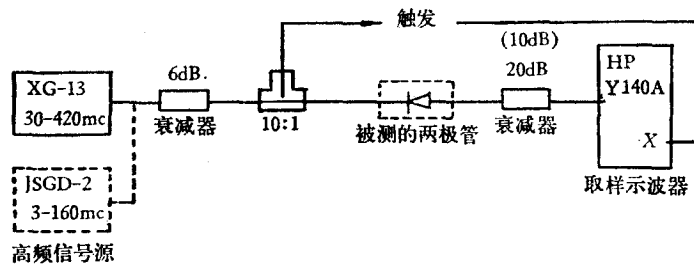


图 2(a) 阶跃恢复法测两极管载流子寿命装置

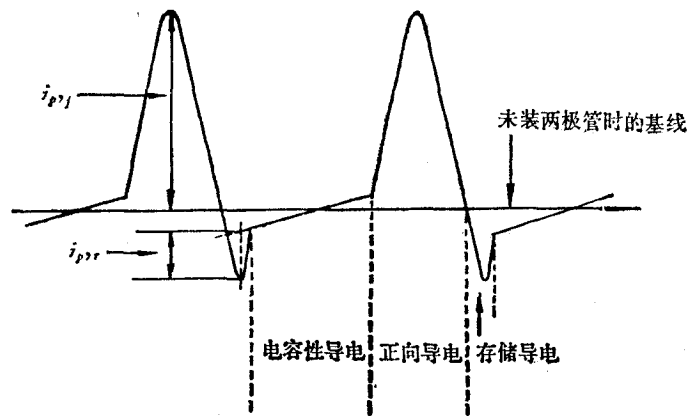


图 2(b) 测试时取样示波器上观察到的电流波形<sup>[14]</sup>

号源,以及采取适当的措施保证施加于两极管的正弦波不失真(改变衰减器)。

附带指出,当实验中无法提高  $E_p$ , 例如  $E_p \sim 3V$ , 则必须利用(4)式以计算  $\tau$ , 但测准  $\tau$  的条件仍可利用选择  $f$  使  $i_{p,r}/i_{p,f}$  在 0.15—0.3 之间。

**3. 反向恢复法测试原理及装置** Kingston<sup>[9]</sup>, Moll 等人<sup>[11]</sup>详细分析了处于正向偏置的两极管突然转到反向偏置后两极管的电压和电流瞬态特性,对于缓变 p-n 结两极管,得出

$$\frac{t_s}{\tau_p} = \ln \left( 1 + \frac{I_F}{I_R} \right) \doteq \frac{I_F}{I_R} \left( \frac{I_F}{I_R} \ll 1 \right), \quad (6)$$

式中,  $\tau_p$  是 p<sup>+</sup>-n 结中 n 材料中的少数载流子(空穴)寿命,  $I_F$  是正向偏置电流,  $I_R$  是脉冲讯号源在二极管上施加反向偏压后流过二极管的反向电流。在我们的测试条件下,  $I_F$  可取 5, 3.5 和 2mA 三个数值,  $I_R$  则仅能取 40mA 一个数值。在取样示波器上可清楚地读出存储时间  $t_s$ 。为了测准  $t_s$ , 要求脉冲讯号源的前沿  $\ll t_s$ , 在我们条件下前沿为  $2.5 \times 10^{-10}$ sec, 因此可满足  $10^{-9}$ sec 的测试。具体的测试装置已为大家熟知,不再复述。

根据(6)式,从已知的  $I_F$ ,  $I_R$  和测得的  $t_s$ , 可算得少数载流子寿命  $\tau_p$ 。

### 三、实验结果

**1. 硅阶跃两极管** 图 3,4 表示用阶跃恢复法测量硅阶跃管 Si-D-1 和 Si-D-2 寿命  $\tau$  的结果。由于硅管  $\phi_0 < 1V$ , 而实验中  $E_p \sim 8V$ , 因此(5)式关系成立(图 3)。几次测定 Si-D-2 发现,当  $0.35 < i_{p,r}/i_{p,f} < 0.1$ , 数据偏离直线关系。根据直线范围内直线的斜

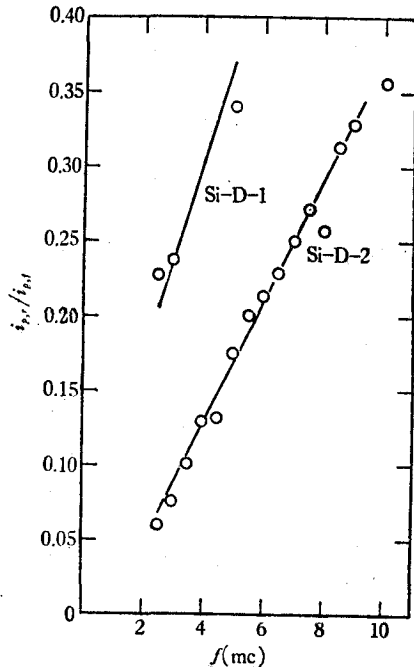


图 3 阶跃恢复法测硅阶跃管所得的  $i_{p,r}/i_{p,f}$  与  $f$  的关系(参见文中(5)式)

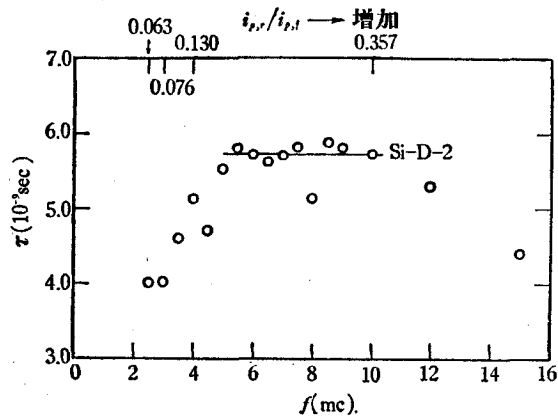


图 4 阶跃恢复法测得的硅阶跃管少数载流子(空穴)寿命 ( $E_p \sim 8V$ )

率可算得  $\tau$  (注意直线并不通过零点)。另一方面, 我们也可利用(5)式将逐点  $f$  与  $i_{p,r}/i_{p,f}$  代入而计算  $\tau$  (意即每一实验点都通过零点), Si-D-2 的结果见图 4。从图 4 可清楚看出, 为了算得较准确的  $\tau$ ,  $i_{p,r}/i_{p,f}$  应选在 0.15—0.3 之间。两种计算方法算得的  $\tau$  基本一致(表 1)。

表 1 硅阶跃管少数载流子寿命

测试方法	编 号	测得的少数载流子寿命 $\tau_p(10^{-9}\text{sec})$	
		从逐点代入	从直线斜率
阶跃恢复法	Si-D-1	10.8, 14.5, 12.6	10.6
	Si-D-2	5.7 <sup>1)</sup>	6.5
反向恢复法	Si-D-1	11.6, 12.0	11.3
	Si-D-2	5.6, 5.8, 6.8	4.8

1) 一系列数据的平均值(图 4)

图 5 是用反向恢复法测量 Si-D-1 及 Si-D-2 少数载流子寿命  $\tau_p$  的结果。根据(6)式, 可从图 5 直线斜率(并不通过零点)或逐点代入(表示每一实验点通过零点)计算  $\tau_p$ 。结果也在表 1 中列出, 可见所得数据相当接近。

比较表 1 两种测试方法, 数据相当符合。鉴于大家公认用反向恢复法可测少数载流子寿命, 因此可以认为用阶跃恢复法测得的  $\tau$ , 对 p-n 结来说即是少数载流子寿命。在目前情况是 n 型硅中空穴寿命。

**2. 砷化镓 p<sup>+</sup>-n 结两极管** 初步的实验表明, 这类管子的存储时间已接近脉冲讯号源的前沿时间 ( $2.5 \times 10^{-10}$  sec), 故无法利用反向恢复法测量少数载流子寿命。图 6 用上节实验已验证的阶跃恢复法对砷化镓 p<sup>+</sup>-n 两极管进行测定, 图中列出部分结果(其他管子关系类同, 从略)。据此, 我们可从逐点代入或直线斜率分别算得少数载流子寿命(砷化镓管  $\phi_0 < 1\text{V}$ , 实验时  $E_p \sim 8\text{V}$ , 仍用(5)式关系), 见表 2。这里  $p^+ 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ,  $n 3-8 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ , 是 p<sup>+</sup>-n 结, 因此表 2 中少数载流子寿命是 n-GaAs 的空穴寿命  $\tau_p$ 。

表 2 中两种计算方法所得的  $\tau_p$  有些差别, 后者约高出前者 10—20%, 系由于后一方法直线不通过零点所致, 目前尚不能肯定那种方法较好, 暂取它们的平均值列于表 2。

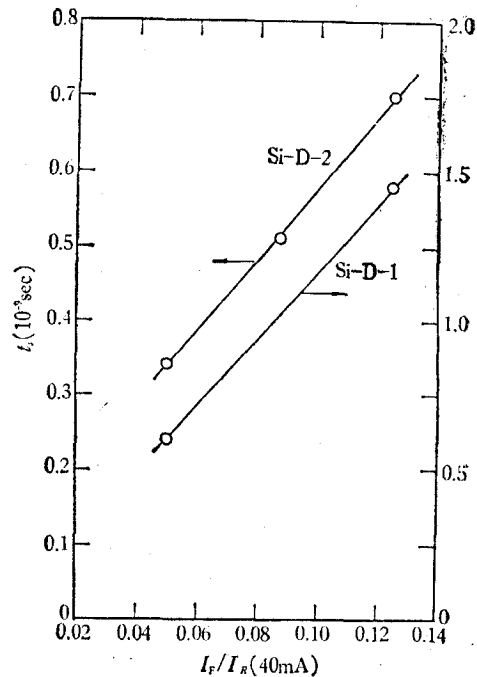


图 5 反向恢复法测硅阶跃管所得的  $\tau_r$  与  $I_F/I_R$  的关系(参见文中(6)式)

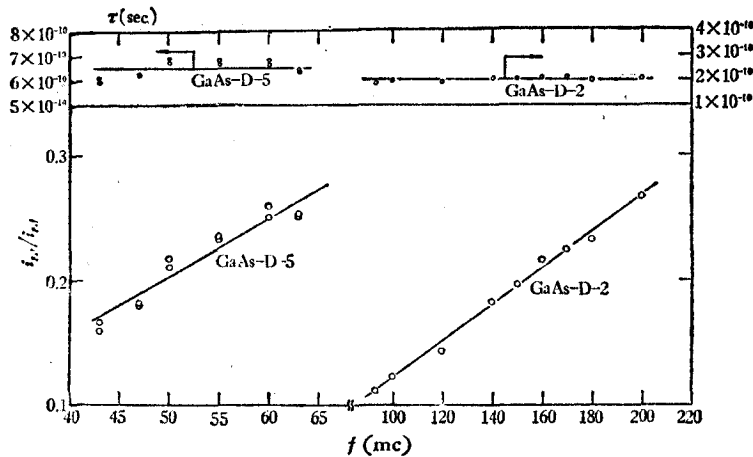


图6 阶跃恢复法测量砷化镓  $p^+-n$  结两极管所得的  $i_{p,r}/i_{p,f}$  与  $f$  的关系和少数载流子寿命 ( $E_p \sim 8V$ , 参见文中(5)式)

表2 砷化镓  $p^+-n$  结两极管的少数载流子寿命

编 号	测得的少数载流子寿命 $\tau_p (10^{-10} \text{sec})$		
	从逐点代入 <sup>1)</sup>	从直线斜率	平 均
GaAs-D-1	6.0	7.7	6.9
GaAs-D-2	2.1	2.5	2.2
GaAs-D-3	2.9	3.0	3.0
GaAs-D-4	2.4	2.9	2.7
GaAs-D-5	6.5	7.3	6.9
GaAs-D-6	1.6	1.9	1.8
GaAs-D-7	2.0	2.1	2.1

1) 类似图6上部那样的一系列数据的平均值

**3. 砷化镓 Ni·Cr-nGaAs 势垒接触两极管** 阶跃恢复法对部分管子的测试结果示于图7。这里  $E_p \sim 3V$ 。对于 Ni·Cr-nGaAs 势垒接触,  $\phi_0$  取  $0.75V^{\dagger}$ , 于是  $(1 - \phi_0/E_p) = 0.75V$ , 故应用(4)式以计算  $\tau$ 。五个管子的全部结果列于表3。由于现在情况下测试频率选得很高(为了满足  $i_{p,r}/i_{p,f}$  在 0.15—0.3 之间), 故  $i_{p,r}/i_{p,f}$  与  $f$  的直线延长后几乎都可过零点, 因此从直线斜率或逐点代入所得结果, 几乎相同, 表3中就不再分别列出。可以看到, 这里的  $\tau$  值比表2 扩散的  $p^+-n$  结低了许多, 约百分之五十至一个数量级。我们认为这里的  $\tau$  值并不就是  $n$  材料的少数载流子寿命。

## 四、讨 论

**1. 测试方法** 至今, 文献中报道的能测准砷化镓少数载流子寿命 ( $10^{-9}$  至  $10^{-10}$  sec)

<sup>†</sup> 我们曾测定了 Ni·Cr-nGaAs 势垒接触的  $(1/C^2)-V$  关系,  $V$  是加在 M-S 结上的反向偏压,  $C$  是电容, 经外插至  $(1/C^2) \rightarrow 0$ , 得电压轴的截距  $V_s = 0.75V$ , 这里取  $\phi_0 \sim V_s$ 。

的方法不多。六十年代初使用的 PC-PEM 法, 根据 Hilsum & Holeman<sup>[3]</sup> 的意见, 可测至  $10^{-8}$  sec, 在  $10^{-6}$  sec 数量级用其他方法进行过核对, 但测至  $10^{-9}$ — $10^{-10}$  sec 没有用其他方法

表3 砷化镓 M-S 结两极管的  $\tau$  值

编 号	测得的 $\tau(10^{-11}\text{sec})$
GaAs-D*-1	7.1
GaAs-D*-2	6.8
GaAs-D*-3	6.0
GaAs-D*-4	6.0
GaAs-D*-5	5.6

核对过。这一方法从六十年代后期起就不见再有人应用。另一种方法是从测定少数载流子扩散长度  $L_p$ , 结合少数载流子扩散系数  $D_p$  的估计以算得  $\tau_p$ <sup>[5-8]</sup>, 但遭到 Casey, Jr. 等人<sup>[17]</sup> 的反对, 自此以后一些作者仅测量  $L_p$  (或  $L_n$ ) 而不再利用此法计算  $\tau_p$ 。Dean, Neuse<sup>[12]</sup> 介绍的方法, 据称可测量  $\geq 5 \times 10^{-10}$  sec, 但他们所用的脉冲  $2.5 \times 10^{-10}$  sec, 我们认为测定  $10^{-9}$  sec 比较可信。最近, Hwang<sup>[18]</sup> 用 GaAs 光吸收和发光测得  $L_p$ , 结合用发光相移技术测得相移角而算得  $\tau_p$ <sup>[18]</sup>, 但方法本身是否用其他方法核对过, 作者未作交待。

现在我们所用的阶跃恢复法, 在所测的少数载流子寿命  $10^{-9}$  sec 数量级已经反向恢复法核对, 寿命在  $10^{-10}$ — $10^{-11}$  sec 也可测量, 但尚未用其他方法核对。

**2. 砷化镓 p<sup>+</sup>-n 结两极管中 n 材料的少数载流子寿命和砷化镓 M-S 结两极管的  $\tau$**   
 测试技术的困难, 加上少数载流子寿命强烈地受深中心杂质和缺陷的影响, 必定引起测试结果的离散, 这在表 2 结果和国外文献中已反映出来。例如: 同样用 PC-PEM 法测  $\tau_p$ , Hilsum & Holeman 对  $n \cdot 10^{16}\text{cm}^{-3}$  测得  $10^{-9}$ — $10^{-10}$  sec<sup>[3]</sup>, 而 Колчанова, Наследов 的数据在  $n \cdot 4 \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$  高一个数量级, 为  $10^{-8}$ — $10^{-9}$  sec<sup>[4]</sup>; 从扩散长度推算  $\tau_p$ , 即使在相同  $n$  范围内波动更大, 为  $10^{-8}$ — $10^{-12}$  sec<sup>[5-7]</sup>; 最近, Hwang 的数据达  $10^{-8}$  sec<sup>[18]</sup>。这方面的工作有待今后深入研究。

对 M-S 结, 测得的  $\tau$  (表 3), 我们认为并不就是少数载流子寿命, 因为相似的材料少数载流子寿命不可能有百分之五十至一个数量级的差别 (与表 2 比较)。事实上, M-S 结两极管是一种低注入条件下的多数载流子器件, 在正向偏压足够大时, 少数载流子注入比  $\gamma$  和存储时间  $\tau_s$  可分别表示为<sup>[20]</sup>

$$\gamma \equiv \frac{J_p}{J_p + J_n} \approx \frac{J_p}{J_n} \sim \frac{n_i^2 (\mu_p)}{N_D^2 (\mu_n)} \frac{J}{J_s} \quad (7)$$

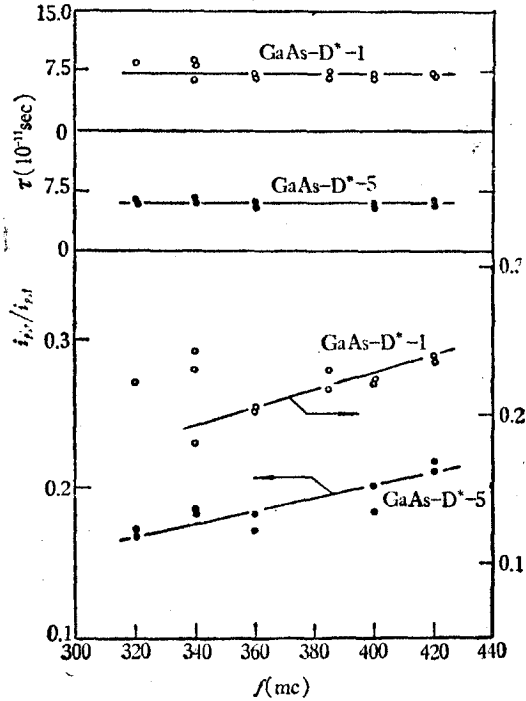


图7 阶跃恢复法测砷化镓 M-S 结两极管所得的  $i_{p,i}/i_{p,f}$  与  $f$  的关系和  $\tau$  值 ( $E_p \sim 3V$ , 参见文中(4)式)

$$\tau_s \approx \frac{qn_i^2 L_p}{N_D J_s}, \quad (8)$$

这里,  $J$  和  $J_s$  分别表示正向电流密度和饱和电流密度  $\text{A}/\text{cm}^2$ ,  $n_i$  和  $N_D$  分别为本征和  $n$  型材料的载流子浓度  $\text{cm}^{-3}$ ,  $L_p$  是空穴扩散长度  $\text{cm}$ ,  $\mu_p$  和  $\mu_n$  分别为空穴和电子迁移率  $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ . 我们注意到  $300\text{K}$  时  $n_i(\text{GaAs}) = 1.1 \times 10^7 \text{cm}^{-3}$ , 对于  $N_D \sim 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ,  $\mu_p$  和  $\mu_n$  分别取  $300$  和  $4,000 \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ <sup>[20]</sup>,  $L_p \sim 2 \times 10^{-4} \text{cm}$ <sup>[17,18]</sup>, 而  $J_s \sim 5 \times 10^{-7} \text{A}/\text{cm}^2$ , 即使当  $J = 10^5 \text{A}/\text{cm}^2$  时,  $\gamma$  和  $\tau_s$  值仅各为  $1.8 \times 10^{-10}$  和  $7 \times 10^{-20} \text{sec}$ . 因此少数载流子的影响可以忽略不计. Kahng, D'asars<sup>[21]</sup> 对 Au-nSi 势垒二极管的响应时间作了分析和测定, 认为在低电流下响应时间主要受电子(多子)渡越势垒区时间  $\tau_t$  影响, 可近似表示为  $\tau_t \sim W/V_s$ . 在此,  $W$  是耗尽区宽度,  $V_s$  是漂移速度. 取  $V_s(\text{GaAs}) 10^7 \text{cm}/\text{sec}$  (典型情况),  $W \sim 0.1 \mu\text{m}$  ( $N_D 10^{17} \text{cm}^{-3}$ , 零偏压)<sup>[22]</sup>, 得  $\tau_t \sim 1 \times 10^{-12} \text{sec}$ , 也低于表 3 结果, 故他们的意见并不正确. Merckels, Hall<sup>[23]</sup> 认为势垒结开关二极管的响应时间为引线电感  $L_s$  和结电容  $C_j$  的串联谐振所决定, 记作  $\tau_{LC}$ , 可表示为

$$\tau_{LC} = 2\pi\sqrt{L_s C_j}. \quad (9)$$

$L_s$  的实测值为  $0.3\text{nH}$  (典型数据), 表 3 各编号管子的  $C_j$  依次为  $0.51, 0.48, 0.34, 0.33$  和  $0.28\text{pf}$ , 计算的  $\tau_{LC}$  各为  $7.3, 7.0, 5.9, 5.8, 5.4 \times 10^{-11} \text{sec}$ , 与表 3 的  $\tau$  值非常一致. 因此, 用阶跃恢复法测得的 M-S 结二极管的  $\tau$  不是少数载流子寿命, 在我们目前的条件下, 可能是二极管  $L_s, C_j$  的串联谐振时间常数.

### 参 考 文 献

- [1] W. M. Bullis, Document AD 674,627. National Technical Information Service, Springfield, Virginia (1968).
- [2] A. G. Milnes, Deep Impurities in Semiconductors, Wiley-Interscience Publication (1973), 267—297.
- [3] C. Hilsum, B. Holeman, Proc. International Conf. on Semiconductor Physics, Prague (1960), 962.
- [4] Н. М. Колчанова, Д. Н. Наследов, Физика твердого тела, 8(1966), 1097.
- [5] K. L. Ashley, J. R. Biard, Trans. IEEE, ED-14 (1967), 429.
- [6] В. Г. Кустов, В. П. Орлов, Физика и техника полупроводников, 3(1969), 1728.
- [7] T. Ambridge et al., J. Appl. Electrochemistry, 3 (1973), 1.
- [8] C. J. Hwang, J. Appl. Phys., 40 (1969), 3731.
- [9] R. H. Kingston, Proc. IRE, 42 (1954), 829.
- [10] A. E. Bakanowski, J. H. Forster, Bell System Tech. J., 39 (1960), 87.
- [11] J. L. Moll, S. Krakauer, R. Shen, Proc. IRE, 50 (1962), 43.
- [12] R. Y. Dean, C. J. Neuse, IEEE Trans., ED-18 (1971), 151.
- [13] Lo. Wayne, S. Edward, Solid State Electronics, 17 (1974), 113.
- [14] S. M. Krakauer, Proc. IRE, 50 (1962), 1665.
- [15] J. L. Saltich, L. E. Clark, Solid State Electronics, 13 (1970), 857.
- [16] H. A. Watson, Microwave Semiconductor Devices and Their Circuit Applications (1969), 113.
- [17] H. C. Casey, Jr. et al., J. Appl. Phys., 44 (1973), 1281.
- [18] C. J. Hwang, J. Appl. Phys., 42 (1971), 4408.
- [19] D. L. Scharfetter, Solid State Electron., 8 (1965), 299.
- [20] S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices (1969), 40.
- [21] D. Kahng, L. A. D'asars, Bell System Tech. J., 43 (1964), 225.
- [22] S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices (1969), 59, 89.
- [23] J. Merckels, R. D. Hall, IEEE Solid State Circuits, SC-7 (1972), 50.



## MEASUREMENT OF CARRIER LIFETIME OF GaAs DIODES WITH p-n AND M-S JUNCTIONS BY STEP RECOVERY METHOD

WANG WEI-YUAN

*(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)*

### ABSTRACT

This paper presents some preliminary results on the measurement of carrier lifetime of GaAs diodes by the step recovery method. The lifetime of Si recovery diodes with Boron diffused p-n junction has been measured by the reverse recovery and step recovery methods.

The results obtained are fairly consistent, indicating that it meets the requirement of the step recovery method sufficiently well. Therefore, it is suggested that the diode lifetime so obtained is equal to the minority carrier lifetime. In this way, the minority carrier lifetime of GaAs diodes with p-n junction has been determined. The lifetime of GaAs diodes with M-S schottry barrier has also been measured. In this case, however, it is suggested from a preliminary analysis that the measured value is not the minority carrier lifetime.