

金属-n型GaAs界面物理特性研究

陈克铭 王良臣 王佑祥

(中国科学院半导体研究所)

1980年12月26日收到

提 要

利用 $I-V$ 法和 $C-V$ 法对由电镀形成的, 和经不同温度热处理的 ($\text{Ni}/\text{n-GaAs}$, $\text{Ni-Pd}/\text{n-GaAs}$, $\text{Pd}/\text{n-GaAs}$) 肖特基结的主要物理参数进行了测量; 并应用最小二乘回归法, 编排了计算机程序, 通过计算获得了比较精确的有关参数; 同时还用俄歇电子能谱观察了这些样品中的金属与 GaAs 各组分的深度分布, 及其不同深度下俄歇电子谱。研究结果表明, 我们所采用的工艺能获得近理想的肖特基势垒, 适当温度的热处理可进一步改善肖特基二极管性能。如果热处理高于这个适当的温度范围, 则导致镓和砷的外扩散, 二极管的性能也就明显劣化。

一、引言

利用金属-n型 GaAs 肖特基势垒可制作检波二极管, 混频二极管, 场效应晶体管和雪崩二极管等各种高频器件。为了进一步提高其高频特性, 就要求对势垒的物理结构, 和界面物理特性作更清楚的了解。通常所用的制作肖特基结工艺, 一般无法完全排除界面沾污和中间层的存在, 因此曾经有人提出过合金型 GaAs 肖特基势垒接触^[1], 这样可以消除界面沾污和中间层的影响。还有人研究了热处理对由蒸发形成的 $\text{Au}/\text{n-GaAs}$ 肖特基结性能的影响^[2], 以及对由电镀形成的 $\text{Ni}/\text{n-GaAs}$ 和 $\text{Ni-Pd}/\text{n-GaAs}$ 肖特基结的性能作了比较^[3]。另一方面, 随着半导体器件向毫米波和亚毫米波段的发展, 对于具有蜂窝结构的混频二极管, 减少覆盖电容的影响是极为重要的。因此在研制四毫米混频二极管中就采用了电镀形成的 $\text{Ni}/\text{n-GaAs}$ 肖特基势垒, 并获得了良好的性能^[4]。还应当指出, 为了提高截止频率, 减少结电容固然是重要的, 但也不能忽视串联电阻的作用。本文对电镀形成的 Ni , Ni-Pd 和 Pd 三种金属-n型 GaAs 肖特基结的物理特性进行了研究。首先我们利用 $I-V$ 法和 $C-V$ 法, 对经不同温度热处理的肖特基结主要物理参数进行了测量, 并按最小二乘回归法编排了计算机程序, 对所测的数据进行了处理。同时还用俄歇电子能谱仪观察了这些样品中金属和 GaAs 各组分的深度分布, 及其不同深度下俄歇电子谱。这些研究结果为我们进一步提高肖特基二极管的性能提供了线索和途径。

二、样品制备

所用的 n 型 GaAs 材料是在掺磷浓度为 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 的衬底上汽相外延生长掺硫

浓度为 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 的外延层。在衬底背面蒸发 Au-Ge-Ni 并烧结形成欧姆接触。用正硅酸乙酯热分解方法，在外延层表面上生长约 5000 \AA 厚的 SiO_2 钝化层。光刻 SiO_2 层得到 $\phi 0.4 \text{ mm}$ 的圆形窗口，然后电镀得到 Ni，Ni-Pd 和 Pd 三种金属的肖特基结，如图 1 所示。

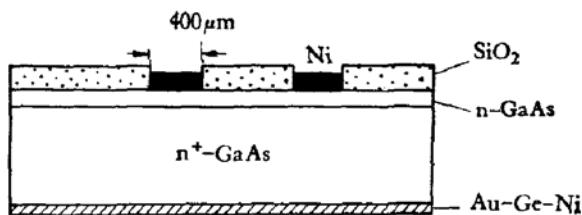


图 1 样品剖面图

三、测量方法和计算方法

我们用 $C-V$, $I-V$ 测量系统分别测量了所形成的和依次经 200°C , 300°C , 430°C 各 4 分钟真空热处理的 Ni, NiPd, Pd/n-GaAs 肖特基结。根据实测的 C , V 值及 I , V 值, 以及肖特基结单位面积微分电容公式和热电子发射理论, 应用最小二乘回归法, 编排了计算机程序, 获得最佳拟合曲线, 计算出截距 V_{int} , 载流子浓度 N_D , 镜象力所引起的势垒降低量 $\Delta\phi_0$, 零偏置的势垒高度 ϕ_{bc} 或 ϕ_{bi} , 正向饱和电流密度 J_s , 平均的理想因子 \bar{n} 等物理量。

1. $C-V$ $I-V$ 测量系统

正向 $I-V$ 特性的测量是用干电池作电源, 而正向偏置值是由 PZ8 型直流数字电压表测量。电流的测量是用 M 194 μA 表和 TR-B4M 型振动静电计测定的, 其精度为 $\pm 1\%$ 。结电容的测量是用 7MC 回路谐振平衡法测定的, 但为了提高检测灵敏度和分辨率, 我们用高频微伏表来检测信号, 同时还扣除了回路分布电容的影响, 测量的最大误差估计为 $\pm 1\%$ 。对不同的肖特基二极管进行测量, 在实验误差范围内是重复的。

2. $C-V$ 法——在考虑到掺杂浓度的纵向分布情况下按 $C-V$ 法计算势垒高度

(1) 计算公式

文献 [5] 给出了结的耗尽层边缘附近浓度分布及计入浓度分布所表征的 V_{int} , ϕ_{bc} , $\Delta\phi_0$ 等表达式。

$$N_D = \alpha x^\beta \quad (0 \leq x \leq W) \quad (1)$$

其中

$$N_D = \frac{-2}{q\epsilon_s} \left[\frac{d(A^2/C^2)}{dV} \right]^{-1}, \quad (2)$$

$$\left(\frac{A}{C} \right)^{\beta+2} = \frac{\beta+2}{q\alpha\epsilon_s^{\beta+1}} (V_{int} - V), \quad (3)$$

$$W = \epsilon_s \frac{A}{C}, \quad (4)$$

$$\Delta\phi_0 = \frac{q}{2\epsilon_s} \sqrt{\frac{\alpha W^{\beta+1}}{\pi(\beta+1)}}, \quad (5)$$

$$\phi_{bc} = V_{int} + \frac{kT}{q} + \frac{kT}{q} \ln \frac{N_c}{N_d} - \frac{q}{2\epsilon_s} \sqrt{\frac{\alpha W^{\beta+1}}{\pi(\beta+1)}}. \quad (6)$$

这里 q 是电子的电荷, ϵ_s 是半导体的介电常数, k 是波尔兹曼常数, T 是温度, α, β 是常数, W 是耗尽层宽度, N_c 是导带底的有效态密度(当 $T = 300K$ 时, $N_c = 4.845 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$).

(2) 最小二乘回归法的应用

我们将(3)式改写为

$$C = \left[A \left(\frac{q\alpha\epsilon_s^{\beta+1}}{\beta+2} \right)^{\frac{1}{\beta+2}} \right] \cdot \frac{1}{(V_{int} - V)^{\frac{1}{\beta+2}}}. \quad (7)$$

令

$$A \left(\frac{q\alpha\epsilon_s^{\beta+1}}{\beta+2} \right)^{\frac{1}{\beta+2}} = J, \quad (8)$$

$$\frac{1}{\beta+2} = N.$$

(7)式可写成

$$C = \frac{J}{(V_{int} - V)^N} \quad (9)$$

或

$$\ln C = \ln J + [-N \ln (V_{int} - V)]. \quad (10)$$

这样在 V_{int} 的一定取值(0.4—1.5)范围内,根据所测量的许多组的 C, V 值,应用最小二乘回归法合理编排程序,便可得到最佳的 V_{int} 值及所对应的 J, N 值. 然后再由(8)(9)两式确定 α, β 值,又根据已知的 V_{int} , α, β 和 V 值由如下公式

$$W = \left[\frac{\epsilon_s(\beta+2)(V_{int} - V)}{q\alpha} \right]^{\frac{1}{\beta+2}} \quad (11)$$

和(1)(5)(6),就可得到最佳拟合后的 $W, N_d, \Delta\phi_0$ 和 ϕ_{bc} 值.

3. $I-V$ 法——按热电子发射理论公式计算 ϕ_{bi}

按热电子发射理论,肖特基二极管的正向 J_F-V 特性的各种物理量在 $V > \frac{3k}{q}$ 条件下,由如下各式所确定.

$$\left. \begin{aligned} J_F &= A^* T^2 \exp(-q\phi_{bi}/kT) \exp(qV/nkT) \\ &= J_s \exp(qV/nkT). \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

其中

$$J_s = A^* T^2 \exp(-q\phi_{bi}/kT), \quad (13)$$

$$n = \frac{q}{kT} \frac{\Delta V}{\Delta(\ln J_F)}. \quad (14)$$

这里 J_F 是正向电流密度, A^* 是有效理查逊常数, n 是理想因子, J_s 是饱和电流密度.

为了得到 ϕ_{bi} , 我们利用所测量的 I, V 值, 在 J_F-V 半对数坐标系纸上先大致作图,

确定其线性区范围。该范围被定为建立计算 ϕ_{bi} , J_s 程序中所用的多组 (J_F , V) 值。然后也用最小二乘回归法编排程序计算, 得到 ϕ_{bi} , J_s , 及 n 值.*

本实验中还从 10mA—20mA 和 100mA—200mA 下测量的对应电压值, 获得串联电阻值 R_s 。另外测量了在正向 10 μ A 下的电压值 (V_F)_{10 μ A} (称为正向起动电压) 和在反向 10 μ A 下的电压值 (V_B)_{10 μ A} (称为反向击穿电压)。

4. 俄歇电子能谱分析的组分深度分布

我们用 Φ550 型俄歇电子能谱仪和氩离子溅射剥离相结合办法, 细致地研究了不同热处理条件下 Ni, Ni-Pd, Pd/n-GaAs 的相互扩散, 并且获得金属和 n 型 GaAs 交界面区的组分深度分布。并用同样的办法来鉴别由电镀方法形成的金属和 n-GaAs 交界面处是否存在氧化膜。为了较准确地判断交界面处氧化膜存在与否, 我们特意将溅射时氩离子剥离速率降低; 当剥离到交界区时, 多次观察俄歇能谱和光电子能谱, 作为附加判别。

四、结果及讨论

1. 肖特基结的 I-V 特性参数测量和计算结果

我们对在 35°C 下电镀形成的 Ni, Ni-Pd, Pd/n-GaAs 肖特基结, 和依次经 200°C, 300°C, 430°C 各 4 分钟真空热处理的肖特基结进行测量和计算, 结果列于表 1 和图 2 至图 8。

表 1 Ni, NiPd, Pd/n-GaAs 三种不同的肖特基结 I-V 测量与计算结果

参数(单位)	结的类型 温度	Ni/n-GaAs				Ni-Pd/n-GaAs				Pd/n-GaAs			
		35°C	200°C	300°C	430°C	35°C	200°C	300°C	430°C	35°C	200°C	300°C	430°C
n		1.08	1.09	1.13	1.51	1.10	1.07	1.06	1.10	1.29	1.29	1.14	1.31
$n_{F0-100\mu A}$		1.03	1.05	1.05	1.45	1.03	1.05	1.04	1.46	1.08	1.17	1.06	1.19
$\phi_{bi}(V)$		0.68	0.68	0.69	0.61	0.75	0.77	0.75	0.75	0.68	0.68	0.71	0.66
$(V_F)_{10\mu A}(mV)$		300	292	326	310	383	390	359	374	368	358	353	334
$(V_B)_{10\mu A}(V)$		2.67	2.38	3.76	1.62	3.11	2.97	3.87	3.07	2.66	2.09	4.88	1.57
$R_{s10-20mA}(\Omega)$		3.2	3.0	7.4	5.0	2.9	3.3	2.8	4.0	4-5	6-8	3.7	7-11
$R_{s100-200mA}(\Omega)$		2.0	1.3	1.2	2.2	1.1	1.2	1.0	1.7	1.4	-	0.9	1.7
$J_s(A)$		2.9×10^{-10}	2.9×10^{-10}	2.0×10^{-10}	4.5×10^{-9}	1.9×10^{-11}	8.9×10^{-12}	1.9×10^{-11}	2.0×10^{-11}	2.9×10^{-10}	2.9×10^{-10}	9.1×10^{-11}	6.5×10^{-10}

(1) Ni/n-GaAs 肖特基结的 I-V 特性

正向 I-V 特性示于图 2, 由图可见, 经 200°C 热处理肖特基的 (V_F)_{10 μ A} 和 R_s 为最小,

* n 是在整个线性区范围内理想因子的平均值。

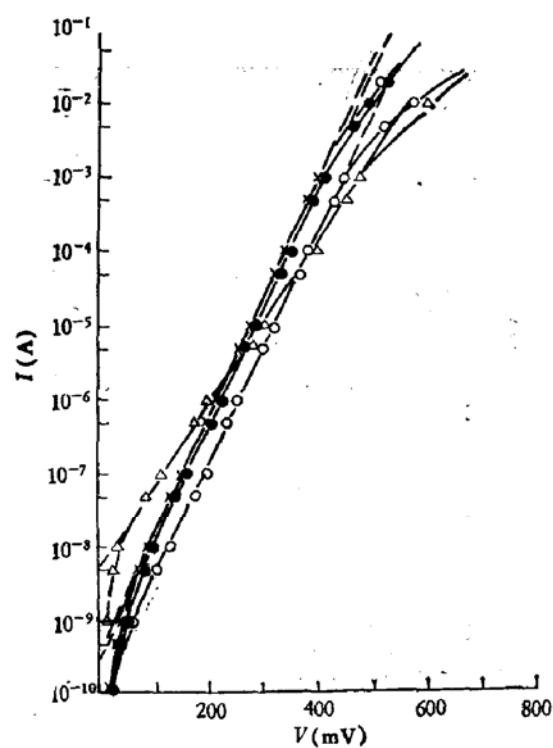


图2 Ni/n-GaAs 肖特基二极管在不同热处理温度下正向 I - V 特性
 ●35°C ×200°C ○300°C ▲430°C

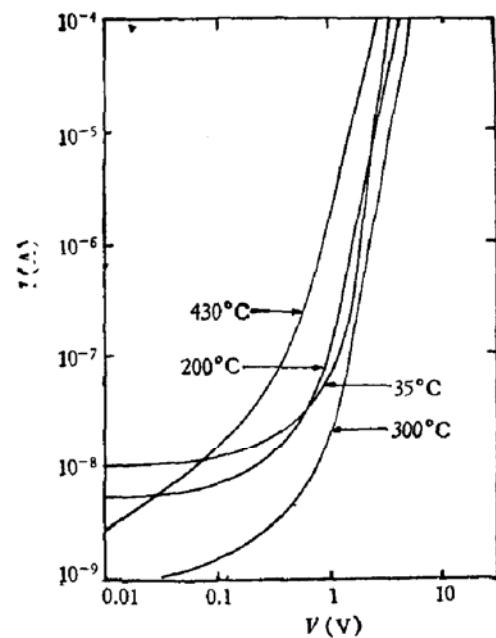


图3 Ni/n-GaAs 肖特基二极管在不同热处理温度下反向 I - V 特性

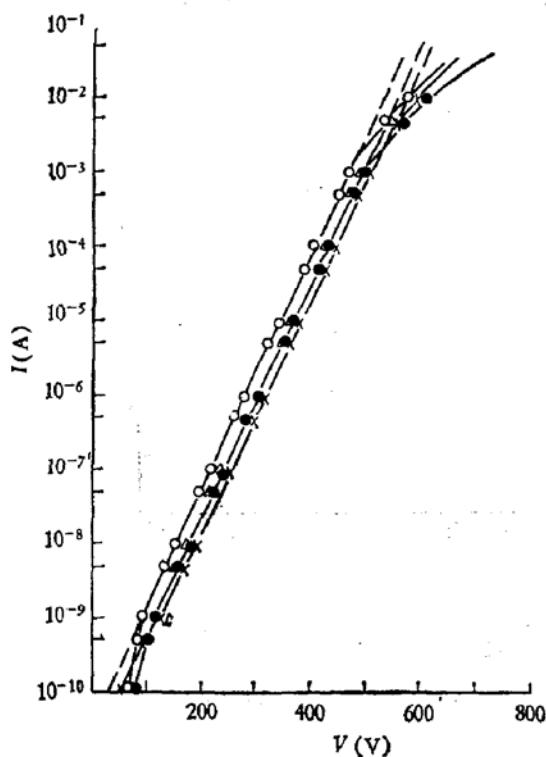


图4 Ni-Pd/n-GaAs 肖特基二极管在不同热处理温度下正向 I - V 特性
 ●35°C ×200°C ○300°C ▲430°C

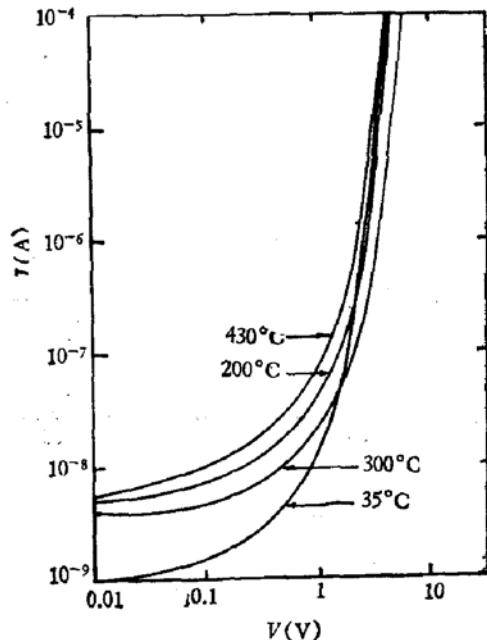


图5 Ni-Pd/n-GaAs 肖特基二极管在不同热处理温度下反向 I - V 特性

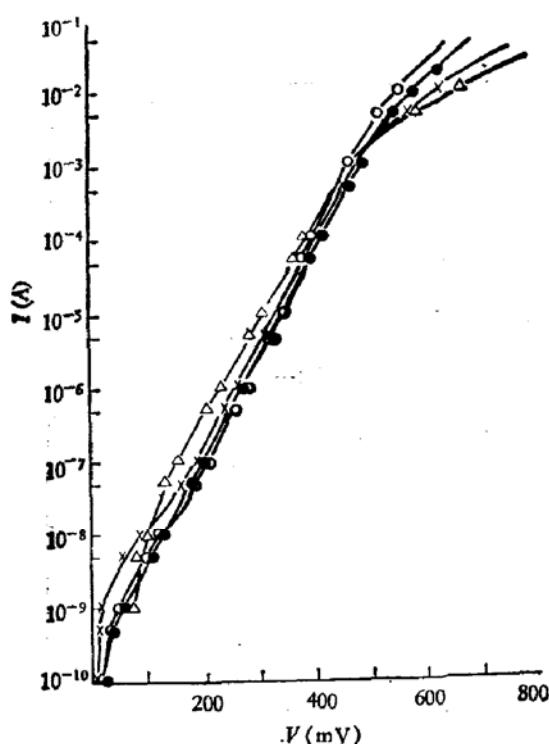


图 6 Pd/n-GaAs 肖特基二极管在不同热处理温度下正向 I - V 特性
● 35°C × 200°C ○ 300°C △ 430°C

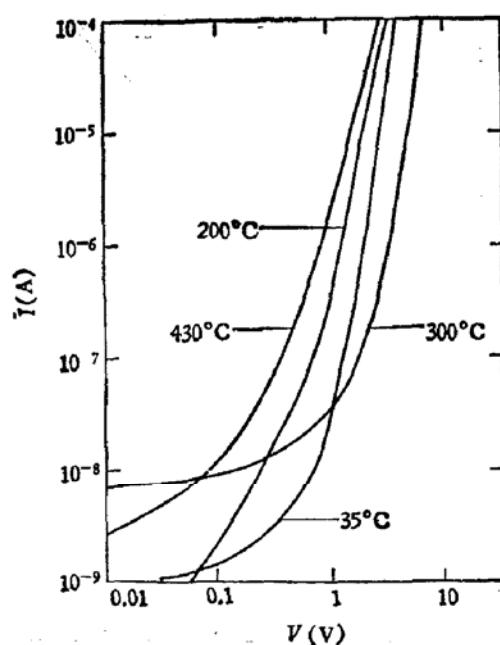


图 7 Pd/n-GaAs 肖特基二极管在不同热处理温度下反向 I - V 特性

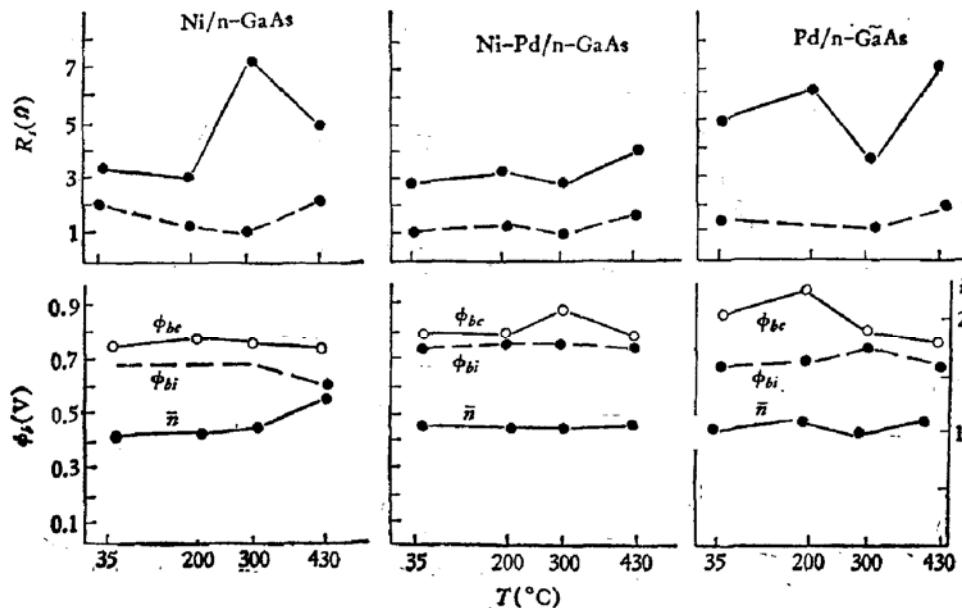


图 8 三种不同的肖特基势垒二极管经不同热处理条件下的 ϕ_{Bi} , ϕ_{Bc} , \bar{n} , R_s , 实线为 10—20mA 的 R_s , 虚线为 100—200mA 的 R_s

而其他参数保持近理想状况。经 300°C 热处理的 $(V_F)_{10\mu A}$ 和 R_s 都增大, 理想因子 \bar{n} 也较大地偏离于 1。经 430°C 热处理后性能全面恶化。

反向特性可从图 3 看出: 当反向电压接近本体击穿电压时, 35°C 的反向漏电流比 200°C 热处理的大。又经 430°C 热处理的 $(V_B)_{10\mu A}$ 明显下降。

(2) Ni-Pd/n-GaAs 肖特基结的 $I-V$ 特性

正向 $I-V$ 特性示于图 4。由图可见, 经 300°C 热处理后肖特基二极管的 $(V_F)_{10\mu\text{A}}$ 为最小, 同时 R_s 也最小。经 430°C 热处理后肖特基二极管的 $I-V$ 特性开始恶化, 其 \bar{n} 变大, $(V_F)_{10\mu\text{A}}$ 增高, R_s 变大。

反向 $I-V$ 特性可由图 5 看出, 经 300°C 热处理的反向漏电流最小, 其 $(V_B)_{10\mu\text{A}}$ 比 35°C 和 200°C 时略高。经 430°C 热处理反向漏电流增大, $(V_B)_{10\mu\text{A}}$ 下降。

(3) Pd/n-GaAs 肖特基结 $I-V$ 特性

正向 $I-V$ 特性示于图 6, 由图可见在半对数坐标系中的线性区, 经 300°C 热处理后有显著扩大, \bar{n} 也有改善。经 300°C 热处理后的 $(V_F)_{10\mu\text{A}}$ 也略低, R_s 也最小。经 430°C 热处理后肖特基结性能有明显恶化。

反向 $I-V$ 特性示于图 7, 由图可见, 经 300°C 热处理后 $(V_B)_{10\mu\text{A}}$ 增大。经 430°C 热处理后的 $I-V$ 特性变软。

表 1 Ni, Ni-Pd, Pd/n-GaAs 三种不同肖特基结的 $I-V$ 测量与计算结果。

为了更直观地分析上述结果, 我们把一些主要物理参数 ϕ_{bi} , n 和 R_s 随热处理温度变化情况示于图 8。

从图 2 至图 8 中的 $I-V$ 特性和表 1 可以看出:

①适当温度热处理可以改善由电镀法形成的肖特基结性能, 它可以增强镀层的密集度、均匀性和粘着性, 导致良好的接触, 降低二极管的串联电阻。

②肖特基混频二极管的工作范围, 要求 $I-V$ 关系在半对数坐标系中呈线性关系。结果表明, 适当的热处理可以扩大工作范围。

③在大电流时所观察到的半对数坐标系中的非线性关系, 是由二极管的串联电阻引起的。

④在甚微电流范围也观察到 $I-V$ 的非线性关系。这是由于耗尽区内复合电流的作用。因为根据热电子发射电流与复合电流的比值公式, 复合电流在低偏压下起相对大的作用。

⑤在 200°C 热处理下甚微电流区中 Pd/n-GaAs 肖特基结的 $I-V$ 特性偏离线性关系较大, 这时串联电阻也上升。为此我们对 Ni, Ni-Pd, Pd 镀层用 AAS₁ 型原子吸收光谱仪进行了定量分析, 结果表明, Pd 镀层中含有较多重金属杂质, 特别是 Fe 等。我们认为这可能是在 200°C 热处理过程中冷却时表到里, Pd 镀层中某些杂质在界面附近堆积, 导致性能略有变化。再经 300°C 热处理后性能有所改善。

2. 肖特基二极管的 $C-V$ 特性的物理参数测量和计算结果

同样我们对在 35°C 下电镀形成的, 和依次经 200°C , 300°C , 430°C 各 4 分钟真空热处理的 Ni, Ni-Pd, Pd/n-GaAs 肖特基结 $C-V$ 特性的主要物理参数进行了测量和计算, 结果见表 2。

从表 2 可见; 经 200°C 热处理的 Ni/n-GaAs 肖特基结 $C-V$ 特性最佳。也就是说我们能获得更接近于突变结(单边) ($N = 0.517$), 耗尽区范围内施主浓度分布也更均匀, 而 ϕ_{bi} 并未明显变化。经 300°C 热处理的 Ni-Pd/n-GaAs 肖特基结, 更接近于单边突变结

表 2 Ni, Ni-Pd, Pd/n-GaAs 三种不同的肖特基结 C-V 测量及计算结果

参数(单位)	结的类型 温度	Ni/n-GaAs				Ni-Pd/n-GaAs				Pd/n-GaAs			
		35°C	200°C	300°C	430°C	35°C	200°C	300°C	430°C	35°C	200°C	300°C	430°C
$\phi_{bc}V$		0.75	0.79	0.77	0.75	0.78	0.76	0.86	0.76	0.84	0.94	0.80	0.75
α		1.8×10^{23}	5.5×10^{23}	5.4×10^{23}	2.5×10^{24}	2.6×10^{24}	2.3×10^{24}	2.2×10^{23}	1.1×10^{24}	1.8×10^{24}	5.6×10^{22}	1.16×10^{24}	2.15×10^{24}
β		0.010	-0.064	0.076	0.173	0.193	0.185	0.031	0.143	0.170	-0.048	0.142	0.181
N		0.497	0.517	0.482	0.460	0.46	0.46	0.49	0.47	0.461	0.512	0.467	0.459
$N_{D0-1.3V} \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$		$1.56 \rightarrow 1.57$	$1.57 \rightarrow 1.55$	$1.55 \rightarrow 1.50$	$1.50 \rightarrow 1.16$	$1.16 \rightarrow 1.15$	$1.15 \rightarrow 1.23$	$1.23 \rightarrow 1.14$	$1.14 \rightarrow 1.16$	$1.16 \rightarrow 1.21$	$1.21 \rightarrow 1.17$	$1.17 \rightarrow 1.17$	
$W_{int}V$		1.52	1.60	1.63	1.27	1.25	1.25	1.22	1.22	1.25	1.19	1.25	1.27
$\Delta\phi_0V$		0.74	0.78	0.76	0.74	0.76	0.74	0.84	0.74	0.82	0.92	0.78	0.73
$W_{-1.3V} \times 10^{-7} \text{cm}$		0.046	0.048	0.045	0.043	0.040	0.0398	0.043	0.040	0.041	0.047	0.041	0.04
		1.344	1.354	1.359	1.37	1.572	1.572	1.56	1.58	1.596	1.589	1.571	1.552

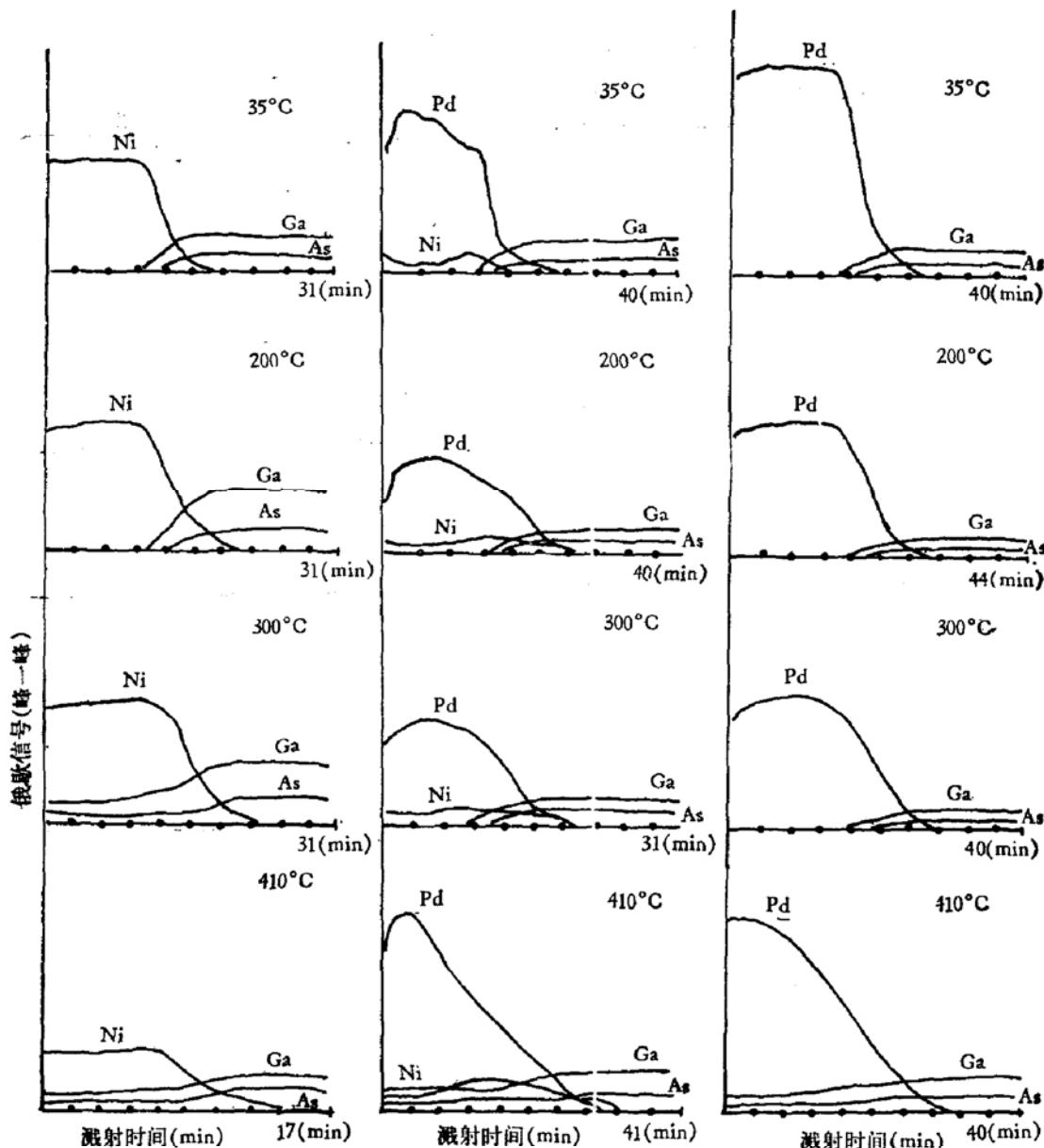
($N = 0.49$), 耗尽区范围内施主浓度分布较均匀, 但 ϕ_{bc} 较高, 如果参考经 200°C 热处理的情况, 而选取小于 300°C 大于 200°C 的真空热处理条件, 预计可得到更好的结果。经 300°C 真空热处理的 Pd/n-GaAs 肖特基结, 具有较高的 ϕ_{bc} , 而单边突变结和耗尽区范围内施主浓度分布虽优于 430°C 热处理的情况, 但劣于 200°C 热处理情况。同样采用 200°C—300°C 之间热处理温度, 预期可获得好结果。

3. 俄歇电子能谱及组分的深度分析

我们用俄歇电子能谱仪观察了在 35°C 下电镀形成的 Ni, Ni-Pd, Pd/n-GaAs 的肖特基结, 及经 200°C, 300°C 和 410°C 真空热处理后界面区的金属与半导体各组分的深度分布, 和不同深度下俄歇电子谱。所得结果示于图 9—13。在深度分析中, 以氩气作为溅射气体, 离子枪在 2keV 下工作, 其离子流为 $8\mu\text{A}$ 。多次实验结果表明, 对 Ni, Pd 和 GaAs 材料溅射率约每分钟为 30—50 Å。

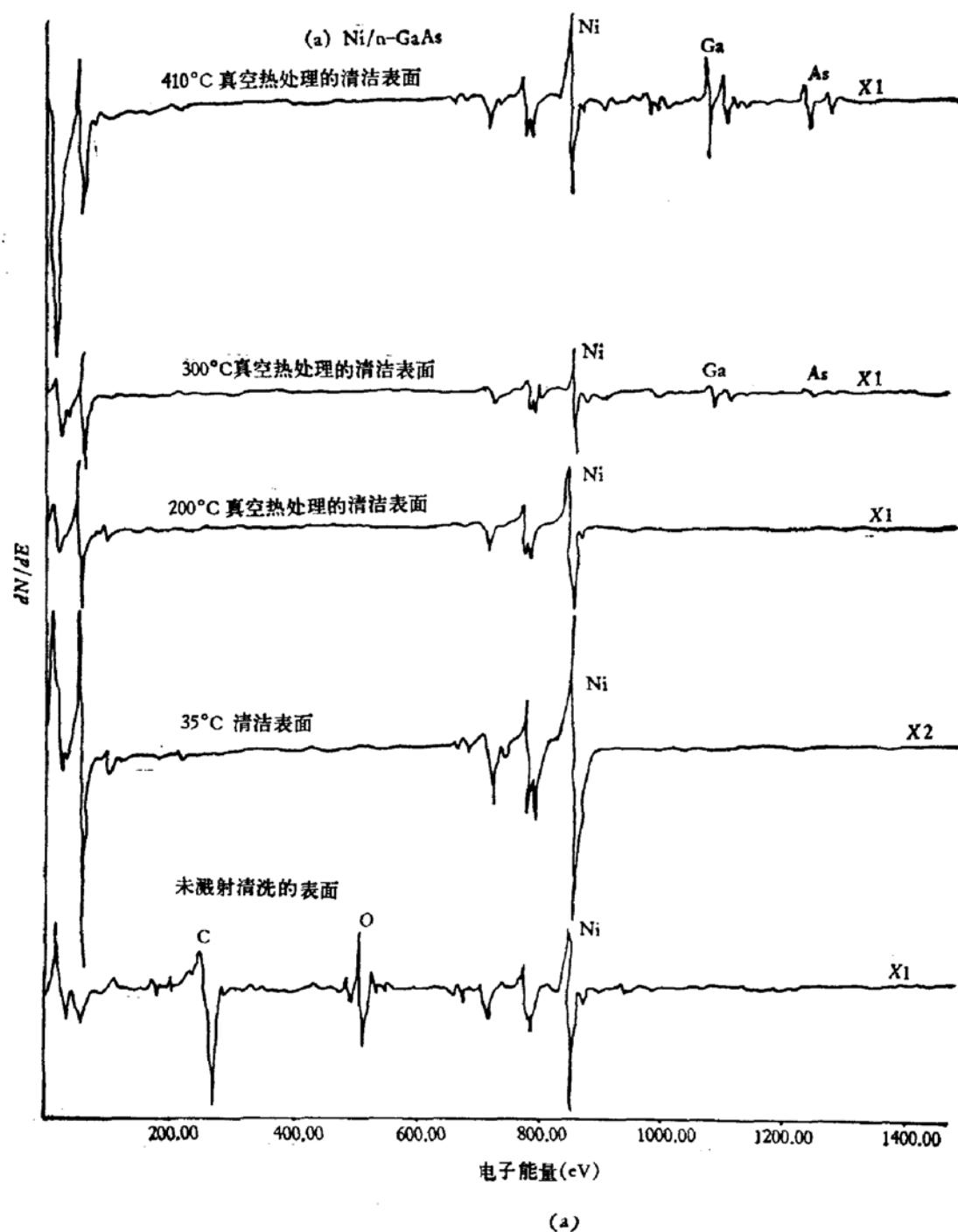
从这些经不同温度热处理的金属与 GaAs 各组分的深度分布, 以及不同深度的俄歇电子谱中得到如下信息:

①从图 9 和图 12(a)、图 13(a) 的 Ni 峰值刚下降和 Ga, As 刚出现的①②谱线中看出, 经 200°C 4 分钟真空热处理的 Ni/n-GaAs 肖特基结的样品中, 未观察到明显的互扩散效应, 但比原先的过渡区向金属侧扩展了 30—50 Å。这种微弱的 Ga, As 外扩散可大大减少或消除电镀前清洗表面工艺中所带来的沾污和很薄的氧化膜, 导致 $I-V$ 和 $C-V$

图9 Ni/n-GaAs各组分与
溅射时间关系的剖面图图10 Ni-Pd/n-GaAs各组分与溅射
时间关系的剖面图图11 Pd/n-GaAs各组分与
溅射时间关系的剖面图

特性的改善。然而经300℃4分钟真空热处理的样品中,观察到Ga和As经Ni镀层外扩散至金属表面, Ga逐渐局部氧化,使串联电阻增大。经430℃4分钟真空热处理的Ni/n-GaAs样品中, Ga和As严重外扩散,致使Ni/n-GaAs肖特基结性能全面劣化,其串联电阻下降可能与界面区化合物或合金的形成有关。

②从图10和图12(b)、图13(b)中的Pd峰值刚下降和Ga, As刚出现的①②谱线中看出,经200℃4分钟热处理的Ni-Pd/n-GaAs样品中未观察到互扩散效应,而经300℃4分钟热处理的Ni-Pd/n-GaAs样品中亦未观察到明显互扩散效应,但过渡区比原先的向金属侧外扩散30—50 Å。这与Ni—nGaAs,界面经200℃热处理的情况一样,也导致I-V和C-V特性的改善。但是经410℃热处理的Ni-Pd/n-GaAs样品中观察到明显



(a)

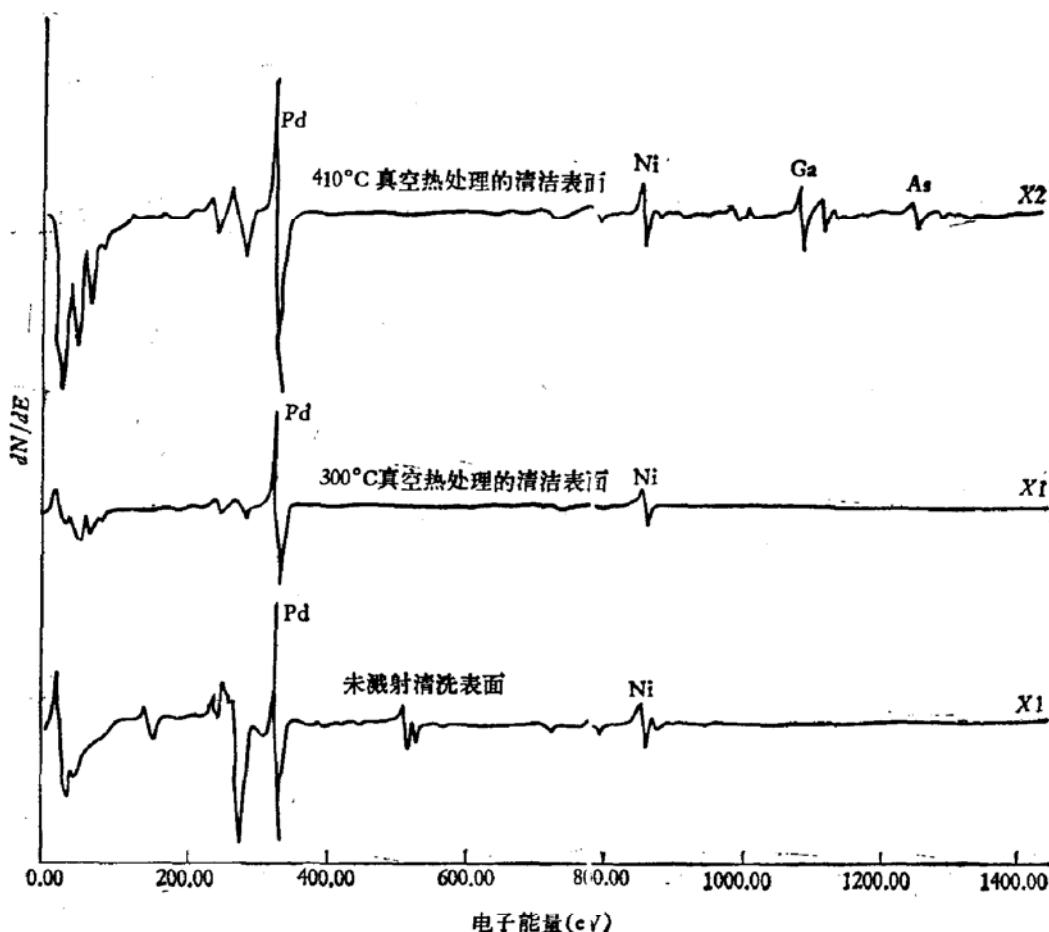
图 12 经不同热处理温度的

的Ga和As外扩散,直到Ni-Pd镀层表面,导致与Ni/n-GaAs样品相同的恶果。同时我们还观察到在界面区中某处Ni的组分值最大,这可能是形成化合物的标志。

③从图11和与图12(b)、图13(b)相类似的Pd峰值刚下降处和Ga,As峰刚出现处的谱线看出,经真空热处理后所获得的结果与Ni-Pd-nGaAs界面情况基本一致。

④从图13(a)(b)的①③④⑤⑥所示不同热温度下处理(特别是在35℃形成的)肖特基结界面区的不同深度俄歇电子能谱可知,我们电镀前所采用的化学腐蚀清洁处理

(b) Ni-Pd/n-GaAs



(b)

清洁表面的俄歇能谱

和电镀过程,能使界面处的氧化膜厚度降到很薄,亦即降到在俄歇检测灵敏度范围内和剥离速率下观察不到氧的组分存在,或者说氧化膜薄到用300℃真空热处理能消除掉。因为文献[6]指出,较厚的氧化膜能阻止金属与GaAs之间的互扩散,对Pd/n-GaAs肖特基结也获得同样的结果。

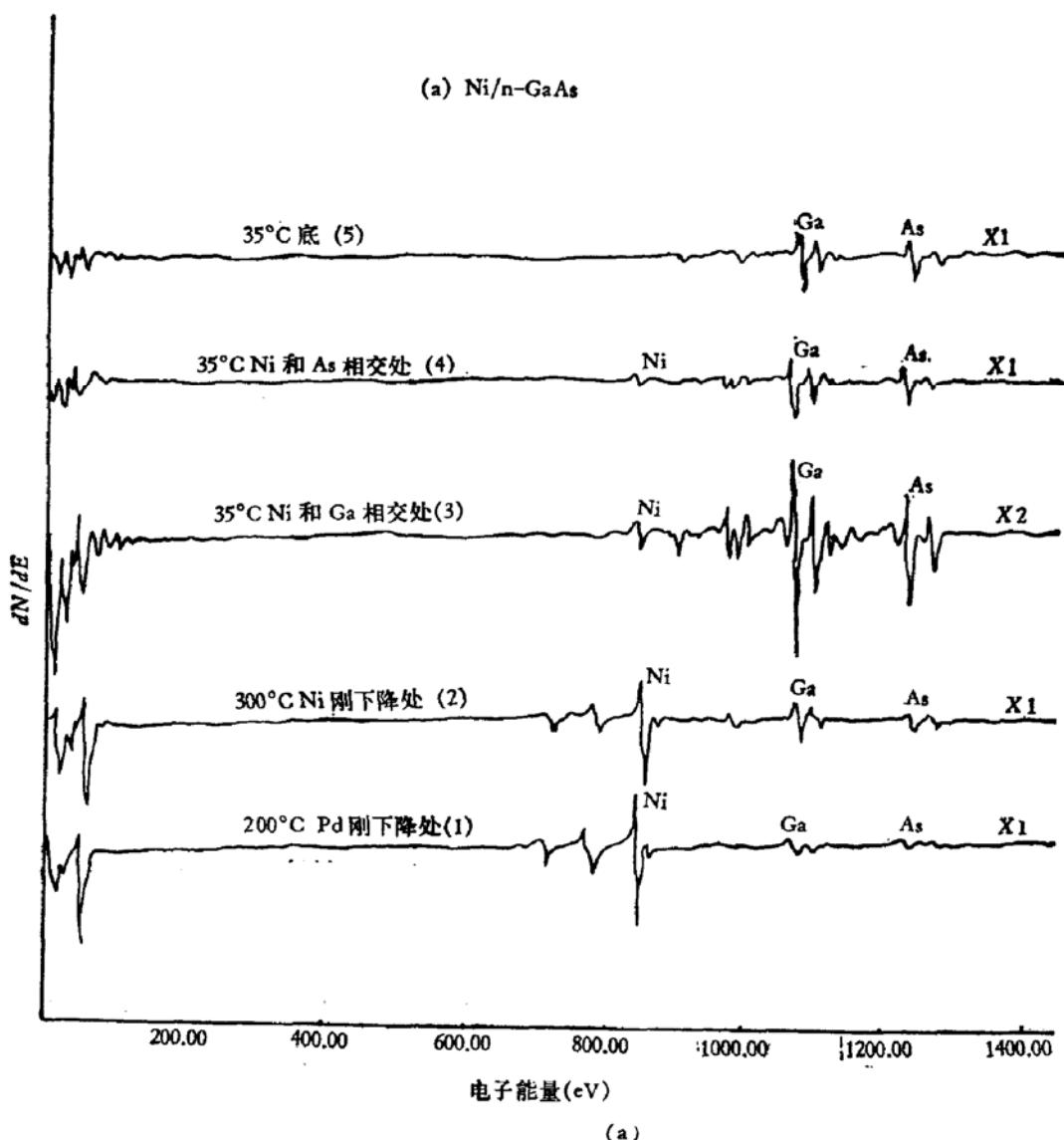
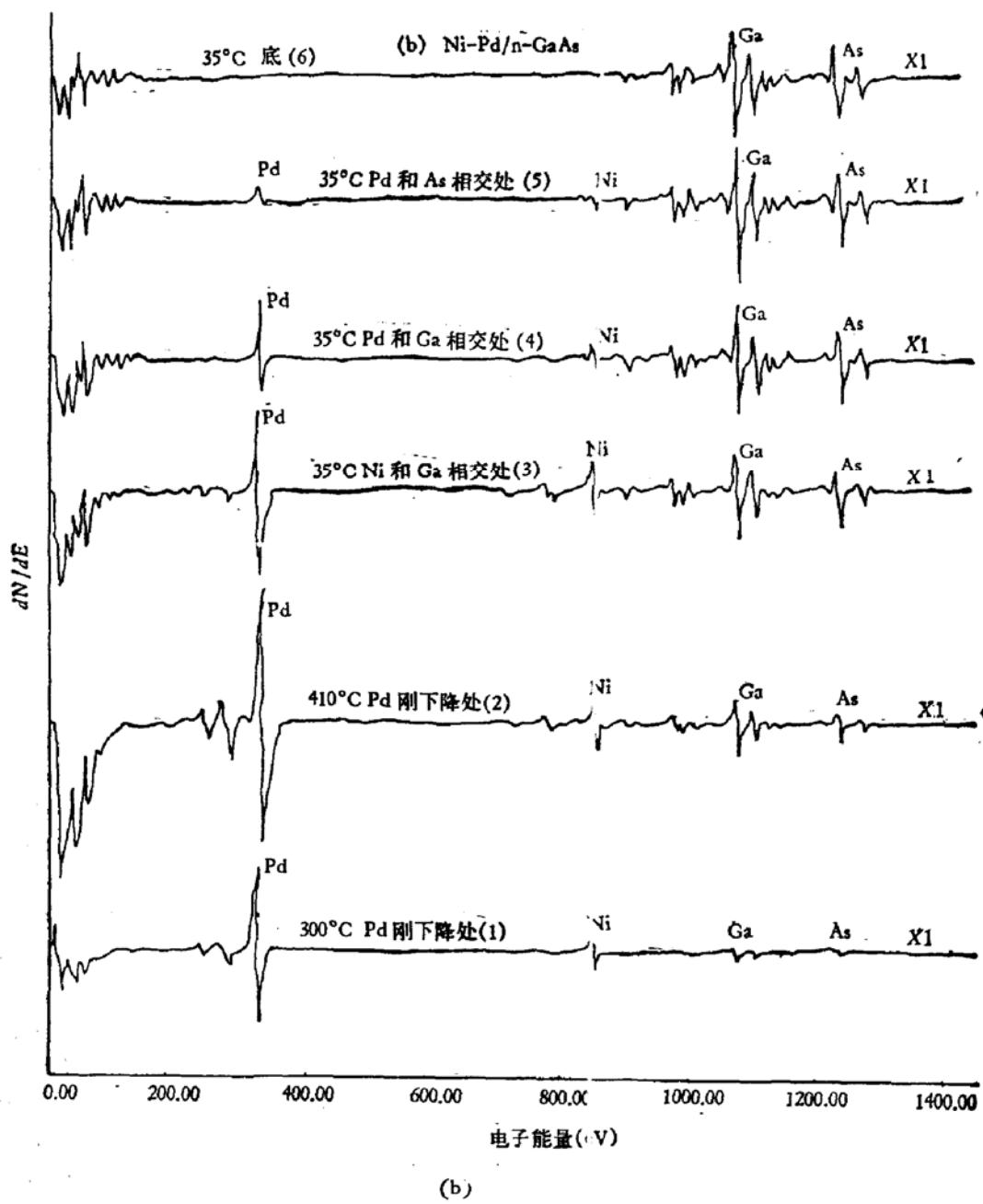


图 13 不同深

五、结 论

从上面结果可得如下结论：

1. 所用的化学清洗表面条件和电镀方法，可以得到近理想的肖特基结 ($n = 1.05 - 1.1$)。
2. 从测量数据和计算获得了较精确的截距，肖特基势垒高度及其他参数。
3. 适当温度的热处理可改善由电镀法形成的肖特基结性能，使串联电阻降低，结更接近于突变结，及在所测量的耗尽层范围内载流子浓度分布更均匀。



度的俄歇能谱

4. 不同金属的肖特基结的适当热处理温度也是不同的，从我们的实验条件中看出， $\text{Ni}/\text{n-GaAs}$ 结的适当热处理温度应在 $150^\circ\text{C}-200^\circ\text{C}$ 之间，而 $\text{Ni-Pd}/\text{n-GaAs}$ ，和 $\text{Pd}/\text{n-GaAs}$ 结都在 $200^\circ\text{C}-300^\circ\text{C}$ 之间。

5. 热处理温度高于适当温度范围时，金属和半导体之间存在明显的互扩散效应，导致肖特基结性能恶化，所有情况都主要是 Ga 和 As 向金属层外扩散至金属表面。而 Ga 的逐渐局部氧化使串联电阻增大。

6. 所用三种金属中 $\text{Ni-Pd}/\text{n-GaAs}$ 肖特基结的热性能最佳。

本工作得到高翠华、吴赛娟、朱家廉、曾学勤以及原子吸收光谱组的同志们帮助，特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 篠田大三郎, 小川正毅, 応用物理, **40**, 432 (1971).
- [2] 大浦純一, 武石喜幸, 東芝レピュー, **24**, 731 (1969).
- [3] Ardniro Nara, Hisao Kondo and Hidenki Kecawa, Proc. 9th Conf. Solid State Devices, Tokyo, p. 179 (1977).
- [4] 混頻器研制组, 半导体学报, **1**, 234 (1980).
- [5] P. H. Ngugen, E. Eng, B. Lepley, A. Hadeau and S. Ravelet, Proc. IEEE, **122**, 1193 (1975).
- [6] C. C. Chang, S. P. Murarka, V. Kumar and G. Quintana, J. Appl. Phys., **46**, 4237 (1975).

A Study of Physical Characteristics of the Metal-n-GaAs Interfaces

Chen Keming, Wang Liangchen and Wang Youxiang
(Institute of Semiconductors, Academia Sinica)

Abstract

The electrical characteristics and interdiffusion in forming n-GaAs Schottky contacts by electroplating Ni, Ni-Pd and Pd have been studied using *I-V*, *C-V* methods and Auger spectroscopy, and some important physical parameters of the three types of metal-n-GaAs Schottky barrier diodes have been measured before and after annealing.

According to the least squares regression method, programs have been developed for numerical determination of the physical parameters as well as the processing of the measured data, and more accurate parameters have been obtained. The interdiffusion of the metal-n-GaAs interface was demonstrated by annealing at various temperatures 200°C, 300°C and 410°C 4 min. and by the determining the composition depth profiles of the interface region using AES combined with ion sputtering.

It is shown by the studied results, that a nearly ideal Schottky barrier diodes can be firmed by the present process and the performances can be improved by heat treatment at suitable temperatures. Above an upper limit of certain annealing temperature, serious outdiffusion of Ga and As to the surface of the electroplated metallic layer and degradation in performance of the Schottky barrier diodes are observed.