

非共晶 Au/Ge 欧姆接触工艺改善扩散 法 n 沟道 GaAs MESFET

吴 鼎 芬

(中国科学院上海冶金研究所)

H. Daembkes 和 K. Heime

(西德杜伊斯堡大学固体电子学实验室)

1982年12月6日收到

提 要

用非共晶组份 Au/Ge 合金做 n 型 GaAs 欧姆接触。系统测定了不同 Au, Ge 厚度做欧姆接触的比接触电阻值。以 $150 \text{ \AA Ge}/2000\text{--}2500 \text{ \AA Au}$ 的配比, 在 400°C , 10min (实际是 3min) 下合金化, 其比接触电阻值能与文献报道的数据相比较, 且表面很平。这有利于栅长 $\leq 1 \mu\text{m}$ 场效应管的光刻, 且能改进器件性能与成品率。用作在高阻衬底上以扩散法制备 n 沟道场效应管的欧姆接触, 改进的器件性能在栅长是 $1.2 \mu\text{m}$, 栅宽 $150 \mu\text{m}$ 时, 跨导 g_m 达 29 ms 。另一个样品在栅长 $1.3 \mu\text{m}$, 栅宽 $300 \mu\text{m}$ 时, $f_{\max} = 21 \text{ GHz}$, 在 4 GHz 下, 噪声系数 $N_F \leq 1.5 \text{ dB}$, 相关增益 G_a 为 11 dB 。

一、序 言

用施主扩散法在高阻衬底上获得有源层, 制作肖特基结 GaAs MESFET 已有多年的研究历史^[1]。以前用 Ni/AuGe 共晶/Ni 做欧姆接触。由于 AuGe 共晶熔点为 356°C , 使在合金化后表面形貌很差, 对下一步约 1 微米栅长的光刻带来困难, 使成品率下降。作者之一曾研究过 Au/Ge 合金组份偏离共晶组份, 其比接触电阻与合金中 Au 含量的关系。发现在大约 96wt% Au 组份下, 比接触电阻有最低值^[2]。此文目的是使用上述高熔点非共晶 Au/Ge 合金取代 Ni/AuGe 共晶/Ni 的合金配方。测定了不同 Au, Ge 厚度下所得的比接触电阻值。将所测得的最佳 Au 与 Ge 厚度比, 用在以扩散法在高阻衬底上形成 n 沟道的场效应管上做欧姆接触, 以提高器件性能和成品率。

二、实 验 方 法

在高阻砷化镓衬底上, 使用含 Sn 的 SiO_2 为源进行 Sn 扩散。扩散后有源层浓度分布自表面的 10^{18} cm^{-3} 到界面小于 10^{17} cm^{-3} ^[3]。在欧姆接触工艺后, 栅区进行光刻并化学腐蚀直至漏源饱和电流至所要求值。用剥离法以 Cr/Au 作肖特基势垒。

欧姆接触测定对浓度为 $n = 4 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 衬底片用 Cox 和 Strack 所发展的方法^[3]. 在高阻衬底上 $n = 8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 的液相外延片用 TLM 法^[4]. 蒸发真空度优于 10^{-6} 托. 合金化是在 H_2 和 N_2 的混合气氛下, 400°C , 10min (实际时间是 3min).

三、实验结果

表 1 示出不同 Au、Ge 厚度比, 在 n 型 GaAs 上, 400°C , 10min (实际时间为 3min) 合金化后的比接触电阻值和形貌.

表 1 不同 Au、Ge 厚度比, 在 n 型 GaAs 上的比接触电阻值与表面形貌

序 号	蒸发层厚度 $\text{\AA}$	电子浓度 cm^{-3}	表面形貌	比接触电阻 Ωcm^2	
				Cox 法 ^[3]	TLM 法 ^[4]
1	400Ge/2100Au	4×10^{17}	粗糙	1.78×10^{-3}	
2	280Ge/2200Au	4×10^{17}	粗糙	1.27×10^{-3}	
3	140Ge/2400Au	4×10^{17}	平	6.94×10^{-4}	
4	70Ge/2400Au	4×10^{17}	平	1.72×10^{-3}	
5	150Ge/3000Au	8×10^{17}	平		3.03×10^{-4}
6	150Ge/2500Au	8×10^{17}	平		1.44×10^{-4}
7	150Ge/2000Au	8×10^{17}	平		1.20×10^{-4}
8	300Ge/2000Au	8×10^{17}	粗糙		1.10×10^{-4}

从表 1 可见, $150 \text{\AA} \text{Ge}/2000\text{—}2500 \text{\AA} \text{Au}$ 有和文献上可以相比美的低比接触电阻值, 表面形貌也平. 用这配比在扩散法制备有源层的 FET 上做欧姆接触. 获得在栅长 $1.2 \mu\text{m}$ 和栅宽 $150 \mu\text{m}$ 时跨导 29ms (见图 1). 对另一个样品在栅长 $1.3 \mu\text{m}$ 和栅宽 $300 \mu\text{m}$ 时最高截止频率 $f_{\text{max}} = 21 \text{GHz}$, 在 4GHz 下, 噪声系数 $N_F \leq 1.5 \text{dB}$, 相关增益 G_a 为 11dB .

这比以前的器件性能无论在跨导, 噪声系数和增益方面都提高了^[1].

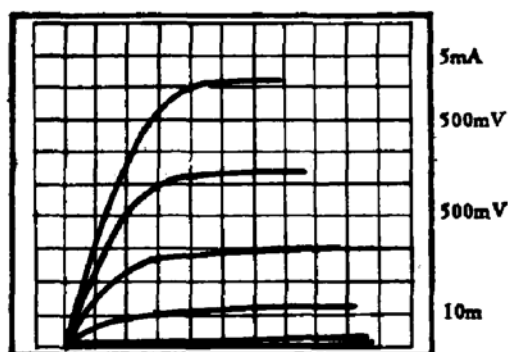


图 1 最佳 Au、Ge 厚度比做欧姆接触的 FET 的 I-V 特性

四、讨 论

(1), Au/Ge 组份偏离共晶组份并趋向富 Au 一边, 自 Au-Ge 相图^[5]可见, 合金熔点急剧升高并超过合金化温度很多. 这对形成一个好的表面形貌是重要的. Aina 等^[6]使用共晶组份 Au/Ge 做欧姆接触. 为取得好的形貌, 他不得不把合金化温度降低到 Au/Ge 的共晶温度以下, 即 315°C — 320°C .

这样合金化时间将长达数小时或更多. 这对实际应用是不利的. 如用富 Au 的 Au/Ge 合金在较高温度下合金化, 则合金化时间可缩短至几分钟. 从这点看, 在 MESFET 上即使用 AuGeNi 合金做欧姆接触, 也没有必要用共晶组份的 Au/Ge 合金.

(2), 用 $150 \text{\AA} \text{Ge}/2000\text{—}2500 \text{\AA} \text{Au}$ 配方代替 Ni/AuGe 共晶/Ni 配方, 不但因有好

的形貌使约 1 微米栅长的光刻成品率提高, 另外器件性能也提高。这很可能在 400℃ 下合金化, 金属未熔化, 这对合金下的有源层破坏少且合金化层前沿均匀。

五、结 论

(1), 使用非共晶组份 Au/Ge 合金代替 50 Å Ni/1500 Å AuGe 共晶/500 Å Ni 合金做 n 型 MESFET 的欧姆接触。避免因 AuGe 共晶的低熔点引起的表面形貌不良的问题。Au 与 Ge 比例为 150 Å Ge/2000—2500 Å Au 时有较低的比接触电阻值。所以 Au/Ge 比例为共晶组份不是一个好的配比。

(2), 用 150 Å Ge/2000—2500 Å Au 的配比做以扩散法制备 n 沟道的场效应管的欧姆接触, 获得该法迄今的最佳结果。当栅长 1.2 μm, 栅宽 150 μm 时跨导达 29 ms。另一管子在栅长 1.3 μm, 栅宽 300 μm 时 $f_{\max} = 21 \text{ GHz}$, 在 4 GHz 下噪声系数 $N_F \leq 1.5 \text{ dB}$, 相关增益 G_a 为 11 dB。

G. Howahl 小姐承担了样品制备, 特此致谢。作者之一对西德 Alexander von Humboldt Foundation 对此工作予以支持, 一并致谢。

参 考 文 献

- [1] N. Arnold, H. Daembkes and K. Heime, *Jpn. J. Appl. Phys.* **19**, 361 (1980).
- [2] 吴鼎芬和陈芬扣, 半导体学报, **1**, 100 (1980).
- [3] R. H. Cox and H. Strack, *Solid State Electronics*, **10**, 1213 (1967).
- [4] H. H. Berger, *J. Electrochem. Soc.*, **119**, 507 (1972).
- [5] "Constitution of Binary Alloys", Ed. Max Hansen, 1958.
- [6] O. Aina, W. Katz, B. J. Baliga and K. Rose, *J. Appl. Phys.*, **53**, 777 (1982).

Noneutectic Au/Ge Alloy Ohmic Contact Technology for Diffused N-Channel GaAs MESFET

Wu Dingfen

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)

H. Daembkes and K. Heime

(University Duisburg, Department 9, Solid State Electronics Laboratory)

Abstract

The ohmic contact on n-type GaAs was made by noneutectic Au/Ge alloys. The dependence of specific contact resistance on various thicknesses of Au and Ge was measured systematically. 150 Å Ge/2000—2500 Å Au alloy at 400°C, 10 min total with 3 min in actual temperature, was determined as the optimum thickness ratio between Au and Ge, its specific contact resistance can be comparable with that published in the literatures. Moreover its surface morphology is very smooth, which might be of help for MESFET photolithography with gate length less than 1 μm, and furthermore, improves device performances and yields. This Au/Ge alloy was used as ohmic contact in MESFET with diffused n-channel on S. I substrate. The improved device performances can be shown as following:

(1) sample A: Gate length $L_g = 1.2 \mu\text{m}$, Gate width $W_g = 150 \mu\text{m}$, Transconductance $g_m = 29 \text{ms}$.

(2) sample B: Gate length $L_g = 1.3 \mu\text{m}$, Gate width $W_g = 300 \mu\text{m}$, $f_{\text{max}} = 21 \text{GHz}$, $N_F \leq 1.5 \text{db}$, $G_s = 11 \text{db}$ at 4GHz.