

# 高阻硅低温欧姆接触

李刚 沈复初 姚奎鸿 阙端麟

(浙江大学半导体材料研究所, 杭州)

1987年1月7日收到

提出用激光诱导扩散法在室温电阻率大于  $15,000(\Omega \cdot \text{cm})$  的P型高阻硅上制备低温欧姆接触 (77—300K)。研究了激光参数对低温比接触电阻值的影响关系, 结合诱导区表面热学性质的理论计算讨论了实验结果。比较了二种不同的钎焊引线方法。

主题词: 硅, 欧姆接触, 激光

## 一、引言

研究和评价高阻硅的许多方法如低温霍尔效应法、低温光荧光法都需要制备低温欧姆接触。至今已报道了若干制备方法<sup>[1-3]</sup>, 但均未测量和研究欧姆接触低温比接触电阻 ( $\rho_c$ ) 的大小及其影响因素, 方法的本身也有一定局限和不足。已有文献报道<sup>[4,5]</sup> 用激光辐照样品触点区域的金属薄层或掺杂源层能够在低阻硅上获得常温下的低阻欧姆接触, 本文将用激光诱导扩散法在P型高阻硅上制备低温欧姆接触, 并研究了激光输出方式和能量密度对  $\rho_c$  的影响关系, 理论计算了诱导区表面温度、熔融时间和熔化深度等热学性质, 讨论了实验结果。

## 二、实验

YAP 固体激光器有自由振荡输出 (F 输出, 脉宽约 2ms) 和染料调Q输出 (Q 输出, 脉宽约 30ns)。〈111〉取向、室温电阻率大于  $15,000(\Omega \cdot \text{cm})$  的真空区熔P型硅晶片 (厚 1.0mm) 表面经化学-机械抛光呈镜面。表面旋涂 Borofilm 100 扩散源。用金属钎将铜丝焊接到诱导区表面, 并用四点结构模型法<sup>[6]</sup> 测量  $\rho_c$  值。引线和涂膜前样品均经仔细的化学清洗。

## 三、结果和讨论

由图 1 可知, F 激光诱导区表面薄层的平均温度在其整个能量密度范围内小于  $700^\circ\text{C}$ 。能量密度大、功率密度小、持续时间长的 F 激光必将在诱导区附近引起低温大热场, 从而导致诱导区表面层刚性晶格沿解理面开裂, 见图 2(a)\*。热阻的存在使得诱导区

\* 图 2 见图版 1

表面温度可以远大于该薄层的平均温度,扩散源中游离掺杂原子的产生和表面浅、重掺杂层的形成保证接触在低温下仍呈现欧姆特性,并当 F 激光能量密度为  $40-45(\text{J}/\text{cm}^2)$  时,接触的低温  $\rho_c$  值最小。显然, F 激光诱导区表面严重的晶格损伤使其欧姆接触有比较可观的  $\rho_c$  值。

图 2(b-d) 告诉我们 Q 激光在实验所取的能量密度范围内均使诱导区表面熔融,并呈现不平整的熔融形貌。由图 1 可知,能量密度为  $13(\text{J}/\text{cm}^2)$  的 Q 激光才能使诱导区表面的理论计算温度达到熔点。由于激光束斑内能量密度分布的不均匀使得较小能量密度的 Q 激光也能导致诱导区表面的局部熔融。由图 1 知,当 Q 激光能量密度为  $15-20(\text{J}/\text{cm}^2)$  即诱导区表面温度略高于硅熔点时,能形成掺杂均匀和晶格完整的表面浅、重掺杂层,使得欧姆接触低温  $\rho_c$  值取得最小。

据表 1 可知,掺杂深度与理论液相扩散深度的一致说明 Q 激光将诱导产生液相扩散。根据特征能  $E_0$  判据,常温下欧姆接触将以热场发射机理为主,但在低温 (77K) 下将以场发射机理为主。

实验结果表明如果能在直接钢焊引线之前在诱导区表面涂敷钢薄层并用 Q 激光辐照后再引线将改善接触电阻重复性并能使低温  $\rho_c$  值下降近一个数量级。二种引线方法均能满足低温测量要求

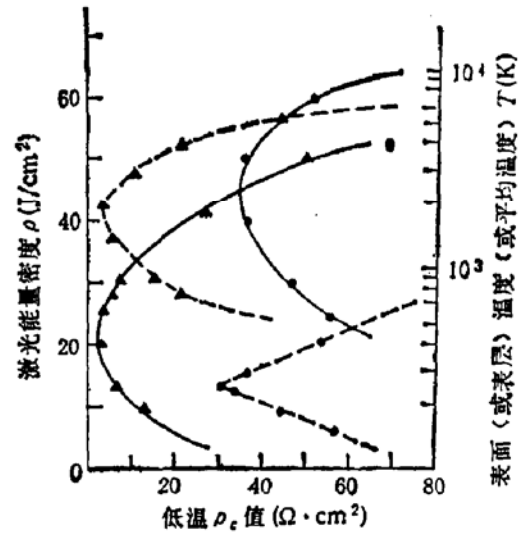


图 1 欧姆接触低温 (77K)  $\rho_c$  值与激光能量密度和诱导区表面(或表面薄层)温度(或平均温度)的理论计算值<sup>[7,8]</sup>之间的关系曲线(样品电阻率  $15,000\Omega \cdot \text{cm}$ )

---  $\rho_c$ -T 关系, —  $\rho_c$ - $\rho$  关系,  
▲ Q 激光, ● F 激光。

表 1 Q 激光诱导区掺杂结果(用扩展电阻薄层修正法测量)

能量密度 ( $\text{J}/\text{cm}^2$ )	17.5	31.5
熔融时间 (S)	$3 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-4}$
液相扩散理论深度 ( $\mu\text{m}$ )	0.85	1.5
掺杂深度 ( $\mu\text{m}$ )	1.1	1.5
掺杂浓度 ( $\text{cm}^{-3}$ )	$8.9 \times 10^{19}$	$2.7 \times 10^{19}$

## 四、结 论

用 Q 激光诱导扩散法能在接触区域表面获得晶格完整的浅、重掺杂层,在合适的能量密度下能使欧姆接触的低温  $\rho_c$  值最小,而 F 激光诱导区表面因出现严重的晶格损伤很难得到低阻欧姆接触。选择合适的引线方法能进一步改善接触电阻重复性和降低低温

$\rho_c$  值.

感谢陈坚、叶必光、张飞鹏和王甫培同志的帮助.

### 参 考 文 献

- [ 1 ] B. C. Dobbs, P. M. Hemenger and S. R. Smith, *J. Electronic Materials*, **6**, 705(1977).
- [ 2 ] A. Hachmann, *Phys. Rev.*, (B), **15**, 4666(1981).
- [ 3 ] R. Baron, M. H. Young, J. K. Neoland and O. J. Marsh, *Semiconductor Silicon 1977*, p. 367, Howard E. Huff and Erhard Sirtl, Electrochemical Soc., (1977).
- [ 4 ] A. N. Pikhtin, V. A. Popov, and D. A. Yasrov, *Soviet Phys-Semiconductors*, **30**, 1383(1970).
- [ 5 ] K. Affolter, R. T. Young, and R. F. Wood, *Appl. Phys. Lett.*, **33**, 118(1978).
- [ 6 ] 陈存礼, *物理学报*, **33**, 1314(1984).
- [ 7 ] 宋马成, *半导体情报*, No. 4, 7(1981).
- [ 8 ] 本哈特·道许, 邹世昌, *国外电子技术*, No. 7, 7(1979).

## Low Temperature Ohmic Contacts on High Resistivity Silicon

Li Gang, Shen Fuchu, Yao Kuihong and Que Duanlin

(Semiconductor Materials Institute, Zhejiang University, Hangzhou)

### Abstract

The method to employ the laser-induced diffusion is developed to make the low temperature ohmic contacts (77—300 K) on high resistivity P-type silicon (the room temperature resistivity greater than 15,000 Ohm-cm). The effect of laser parameters on the low temperature specific contact resistance of ohmic contacts is discussed in combination with the theoretic calculation of the laser-induced regions. Two different welding ways are compared.

**KEY WORDS:** Silicon, Ohmic contact, Laser