

TMG和TEGMOCVD生长GaAs物理化学研究

④
14-16

丁永庆 胡金波 彭瑞伍

中科院上海冶金研究所 上海200050

A

摘要 本文采用三甲基镓(TMG)和三乙基镓(TEG)为镓源的金属有机化合物气相沉积(MOCVD),获得了高质量的GaAs外延层,生长速率随TMG和TEG的浓度增加而增高和理论计算基本相符,而与AsH₃浓度无关,用自制的TEG为镓源生长的GaAs有较高的迁移率。

关键词 MOCVD 砷化镓 物理化学

外延生长 TN304.23
TN304.054

1. 引言

MOCVD生长GaAs的镓源主要有TMG和TEG两种,二者都为国际上通用的原料,一般认为,用后者进行气相生长可以避免碳的玷污而获得高质量的GaAs外延层^[1],为此,我们从化学热力学出发讨论了TMG和TEG为镓源的GaAs的生长速率,这里简单假定:1. TMG和TEG在氢中热介的主要产物为镓原子;2. 在富砷条件下,镓原子质量输运是GaAs生长的控制步骤,而镓原子向衬底扩散和沉积的速率就等于GaAs的生长速率,在这个基础上我们计算了MOCVD生长GaAs的速率,计算公式如下^[2]:

$$G(z) = \frac{M}{P} \cdot \frac{2.68P_0 D_G}{RT_m h} \left(\frac{T_m}{T_0} \right)^{1.65}$$

其中G(z)为生长速率,M晶体分子量,P晶体密度,P₀输入压力,D_G扩散系数,R理想气体常数,T_m生长温度,T₀室温(300K),h反应器高度,为验证上式计算结果对本实验的可用性,我们在同一MOCVD设备上分别用上述二种镓源研究了GaAs的生长速率和As/Ga比对生长速率的影响,以及某些电学性质,最后也讨论了有使用TEG为源生长外延片的均匀性等。

2. 实验方法

本文的实验装置见图1,它与文献[3]类同,GaAs衬底为掺Cr-GaAs,ρ ≈ 10Ω · cm,晶向为<100>向<110>偏-3°,使用前片子经过严格清洗,镓源为:自制TEG,纯度>99.99%;TMG(Aifa公司产品);砷源为10%AsH₃(联合碳化物公司产品)纯度>99.999%。

典型生长条件:TMG为镓源,T_{TMG}=-5℃;T_s=700℃;P_{TMG}=1~3×10⁻⁴;TEG为镓源,T_{TEG}=10℃;T_s=550℃;P_{TEG}=1~2×10⁻⁴。砷烷都为P_{AsH3}=2~3×10⁻⁸;As/Ga≈20;上述总氢都为3升,详细操作见文献[4],典型数据见表1。

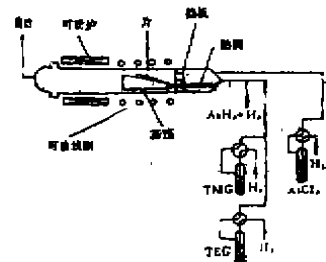


图1 MOCVD装置图

3. 结果和讨论

3.1 TMG和TEG浓度对生长GaAs速率的计算和实验结果

R. Bhat等^[2]虽然在同一MOCVD设备中研究了TMG和TEG的外延生长,但他们对二者浓度变化对生长速率的影响,以及AsH₃浓度对生长速率的影响尚未进行研究,对此我们进行了一些探讨并进行了理论计算,图2为固定生长温度和AsH₃浓度条件下,改变TMG和TEG浓度外延生长GaAs速率之变化,由图2看出,随着TMG和TEG浓度增加外延生长GaAs速率相应地提高,这是符合一般文献报道的,同时我们对TMG和TEG进行了生长速率理论计算,其结果见图2中虚线1和2分别为TMG和TEG计算值,从虚线1看TMG较为接近理论计算值,而TEG相对偏差较大见虚线2,这是因为TEG较易分解,预沉积较TMG为大,也与我们预期的结果相一致。

3.2 AsH₃浓度对生长速率的影响

当恒定TMG和TEG的浓度时,变化AsH₃浓度,生长速率几乎不变见图3。

3.3 载流子浓度和迁移率

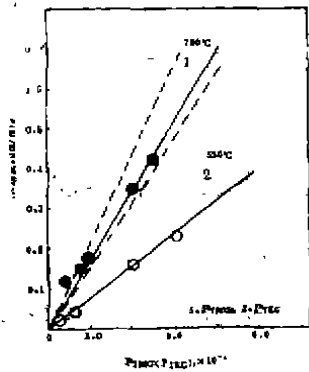


图2 TMG和TEG的分压与外延生长GaAs速率的关系 ($P_{AsH_3} = 3.3 \times 10^{-2}$)

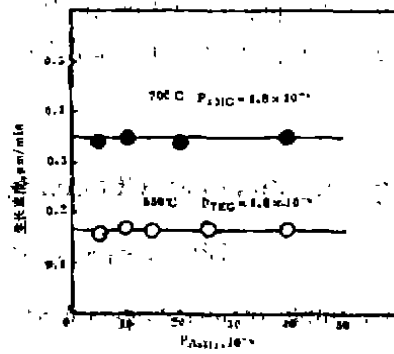


图3 AsH₃浓度与外延生长GaAs速率的关系 (P_{TMG} 和 $P_{TEG} = 1.8 \times 10^{-4}$)

当固定As:Ga \approx 20,用TMG为镓源时,衬底温度为700℃;用TEG为镓源时,衬底温度为550℃,所获得的典型结果列于表1,从表1看出,使用自制TEG能获得较好的迁移率,而我们曾采用过Alfa公司生产的TEG,其结果低温迁移率不够理想,这可能与文献报道的有机源长时期贮存在不锈钢容器中引起的玷污有关,而我们自制TEG有机源贮存在石英瓶中直接连接在MOCVD设备上,从而避免了各种玷污。

表1 TMG和TEG为镓源的典型的实验结果

| 样品 | Ga源 | As/Ga | 厚度 μm | 生长温度 $^{\circ}C$ | n300k | μ 300k | n77k | μ 77k |
|----|-----------|-------|---------------|---------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| | | | | | cm^{-3} | cm^2/vs | cm^{-3} | cm^2/vs |
| TE | TEG(自制) | 20/1 | 7 | 550 | 3.49×10^{14} | 9.09×10^3 | 1.48×10^{14} | 10×10^4 |
| TM | TMG(Alfa) | 20/1 | 6 | 700 | 3.3×10^{14} | 6.3×10^3 | 3.4×10^{14} | 3.5×10^4 |

4. 结论

4.1 在同一MOCVD系统中外延生长GaAs使用了TMG和TEG有机源,生长速率随TMG和

TEG浓度增加而提高,并和理论计算基本相符,而与AsH₃浓度无关.

4.2 用自制TEG为镓源获得较高的迁移率,与文献报道相同.

此外尚需指出,R. Bhat^[1]曾报道使用TEG为镓源所获得GaAs外延片极不均匀,从头至尾几乎相差一倍,这一点他归结于衬底上方的预沉积所造成的,在我们的实验系统中,由于增加了改变气流的混合器,能减少衬底上方的预沉积,从而获得较为均匀的外延片,并在不同衬底上和Ⅱ-VI研究都获得满意结果^[5,6]

参考文献

- [1] Y. Seki et al., J. Electrochem. Soc. 122(8)(1975)1108.
- [2] D. H. Reep et al., J. Electrochem. Soc. 130(3)(1983)675.
- [3] R. Bhat et al., GaAs Related Compounds, Japan(1981)101.
- [4] Ding Yong-qing and Peng Rui-wu. Rare Metals Vol. 11 No. 2, 102(1992)
- [5] Ding Yong-qing, Peng Rui-wu Wein Guand-yu, Rare Metals Vol. 12, No. 3 175(1993)
- [6] Ding Yong-qing, Peng Rui-wu, J. Of Electronic Matetials, Vol 23, N02, 221(1994)

A study on physical Chemistry of the Growth GaAs by MOCVD

Ding Yong-qing, Ha Jin-bo, and Peng Rui-wu

shanghai Institute of Metallurgy, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, china

Using trimethylgallium (TMG) and triethylgallium (TEG) as source materials, the epitaxial GaAs layers with high quality were obtained by metalorganic chemical vapor depositon (MOCVD). The growth rate of GaAs increases with increasing the concentrations of TMG and TEG and is irrelated to the concentration of AsH₃, which is basically in agreement with theoretic calculation. GaAs grew using selfprepared TEG as source material has higher mobility.

Keywords: MOCVD, GaAs, physical chemistry