

## 常用电子混合气

电子混合气体广泛用于大规模集成电路 (L. S. I) 超大规模集成电路 (V. L. S. I) 和半导体器件生产中, 主要用于气相外延 (生成)、化学气相淀积、掺杂 (杂质扩散)、各类蚀刻和离子注入等工艺中。下面介绍几种常见的电子混合气体。

### 1. 外延生长用混合气体

外延生长是一种单晶材料淀积并生产在衬底表面上的过程, 在半导体工业中, 在仔细选择的衬底上选用化学气相淀积的方法, 生长一层或多层材料所用的气体叫作外延气体。常用的硅外延气体有二氯二氢硅、四氯化硅和硅烷等。主要用于外延硅淀积, 多晶硅淀积, 氧化硅膜淀积, 氮化硅膜淀积, 太阳能电池和其他光感器的非晶硅膜淀积等。常见外延混合气体组成列于表 1。

表 1

序号	组分气体	平衡气
1	硅烷 ( $\text{SiH}_4$ )	氮、氟、氢、氮
2	氯化硅 ( $\text{SiCl}_4$ )	氮、氟、氢、氮
3	二氯二氢硅 ( $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ )	氮、氟、氢、氮
4	乙硅烷 ( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )	氮、氟、氢、氮

### 2. 蚀刻用混合气体

蚀刻就是将基片上无光刻胶掩蔽的加工表面 (如金属膜、氧化硅膜等) 蚀刻掉, 而使有光刻胶掩蔽的区域保存下来, 以便在基片表面上获得所需要的成像图形。蚀刻方式有湿法化学蚀刻和干法化学蚀刻。干法化学蚀刻所用气体称为蚀刻气体。蚀刻气体通常多为氟化物气体 (卤化物类), 例如四氟化碳、三氟化氮、三氟甲烷、六氟乙烷、全氟丙烷等。常见蚀刻气体列于表 2。

表 2

材 质	组 分 气 体	平 衡 气
铝 (Al)	氯硅烷 (SiCl <sub>4</sub> )、四氯化碳 (CCl <sub>4</sub> )	氩、氮
铬 (Cr)	四氯化碳 (CCl <sub>4</sub> )	氧、空气
钼 (Mo)	二氟二氯化碳 (CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> )、四氯化碳 (CF <sub>4</sub> )	氧
铂 (Pt)	三氟三氯乙烷 (C <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> F <sub>3</sub> )、四氯化碳 (CF <sub>4</sub> )	氧
聚 硅	四氯化碳 (CF <sub>4</sub> )、乙烷 (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	氧、氯
硅 (Si)	四氯化碳 (CF <sub>4</sub> )	氧
钨 (W)	四氯化碳 (CF <sub>4</sub> )	氧

### 3. 掺杂用混合气体

在半导体器件和集成电路制造中，将某些杂质掺入半导体材料内，使材料具有所需要的导电类型和一定的电阻率，以制造电阻、PN 结、埋层等。掺杂工艺所用的气体称为掺杂气。主要包括砷烷、磷烷、三氯化磷、五氯化磷、三氯化砷、五氯化砷、三氯化硼和乙硼烷等。通常将掺杂源与运载气体(如氩气和氮气)在源柜中混合，混合后气流连续注入扩散炉内并环绕晶片四周，在晶片表面沉积上掺杂剂，进而与硅反应生成掺杂金属而徙动进入硅。常用掺杂混合气列于表 3。

表 3

类 型	组 分 气	稀 释 气	备 注
硼化合物	乙硼烷 (B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )，三氯化硼 (BCl <sub>3</sub> )、 溴化硼 (BBr <sub>3</sub> )	氮、氩、氢	具有 P 形性质 具有 N 形性质
磷化合物	磷烷 (PH <sub>3</sub> )、氯化磷 (PCl <sub>3</sub> )、溴化磷 (PBr <sub>3</sub> )	氮、氩、氢	
砷化合物	砷烷 (AsH <sub>3</sub> )、三氯化砷 (AsCl <sub>3</sub> )	氮、氩、氢	
硒化合物	硒化氢 (H <sub>2</sub> Se)	氮、氩、氢、氮	

#### 4. 化学气相淀积用混合气体

化学气相淀积混合气体 (CVD) 是利用挥发性化合物, 通过气相化学反应 淀积某种单质或化合物的一种方法, 即应用气相化学反应的一种成膜方法。依据 成膜种类, 使用的化学气相淀积 (CVD) 气体也不相同。表 4 列出几类化学淀 积混合气的组成。

表 4

膜 的 种 类	混 合 气 组 成	生 成 方 法
半导体膜	硅烷 (SiH <sub>4</sub> ) + 氢 (H <sub>2</sub> )	CVD
	二氯二氢硅 (SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> ) + 氢 (H <sub>2</sub> )	CVD
	氯硅烷 (SiCl <sub>4</sub> ) + 氢 (H <sub>2</sub> )	CVD
	硅烷 (SiH <sub>4</sub> ) + 甲烷 (CH <sub>4</sub> )	离子注入 CVD
绝缘膜	硅烷 (SiH <sub>4</sub> ) + 氧 (O <sub>2</sub> )	CVD
	硅烷 (SiH <sub>4</sub> ) + 氧 (O <sub>2</sub> ) + 磷烷 (PH <sub>3</sub> )	CVD
	硅烷 (SiH <sub>4</sub> ) + 氧 (O <sub>2</sub> ) + 磷烷 (PH <sub>3</sub> ) + 乙硼烷 (B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	离子注入 CVD
导电膜	硅烷 (SiH <sub>4</sub> ) + 氧化亚氮 (N <sub>2</sub> O) + 磷烷 (SiH <sub>4</sub> )	CVD
	六氟化钨 (WF <sub>6</sub> ) + 氢 (H <sub>2</sub> )	CVD
	六氯化钼 (MoCl <sub>6</sub> ) + 氢 (H <sub>2</sub> )	CVD
		CVD

#### 5. 离子注入用混合气气体

在半导体器件和集成电路制造中, 离子注入工艺所用的气体统称为离子注入气, 它是把离子化的杂质 (如硼、磷、砷等离子) 加速到高能级状态, 然后注入到预定的衬底上。离子注入技术在控制阈值电压方面应用得最为广泛。注入的杂质质量可以通过测量离子束电流而求得。离子注入气体通常指磷系、砷系和硼系气体。表 5 列出美国 BOC 公司生产的部分离子注入用气体的例子<sup>[7]</sup>。

表 5

气体种类	组分气含量	稀释气体	压力 (Kpa)
磷烷 (PH <sub>3</sub> )	5%	氢气 (H <sub>2</sub> )	27.65
	15%	氢气 (H <sub>2</sub> )	27.65
砷烷 (AsH <sub>3</sub> )	5%	氢气 (H <sub>2</sub> )	27.65
	15%	氢气 (H <sub>2</sub> )	27.65