

碳化硅热氧化工艺中的正负压力精密控制解决方案

Precise Control Solution of Positive and Negative Pressure in Silicon Carbide Thermal Oxidation Process

摘要：在目前的各种半导体材料热氧化工艺中，往往需要对正负压力进行准确控制并对温度变化做出快速的响应，为此本文提出了热氧化工艺的正负压力控制解决方案。解决方案的核心是基于动态平衡法分别对进气和排气流量进行快速调节，具体采用了具有分程控制功能和传感器自动切换功能的超高精度真空压力控制器，并结合高速电控针阀和电控球阀，可很好的实现0.1Torr~800Torr绝对压力范围内的正负压快速准确控制。

1. 问题的提出

热氧化工艺是碳化硅等半导体器件制程中的优选工艺，其特点是简便直接，不引入其他杂质，适合器件的大规模生产。目前比较有效的热氧化工艺有微正压和负压控制两种技术：

- (1) 微正压：氧化过程中氧化炉内1.05atm以上压力的恒定控制。
- (2) 负压：生长气压为10mTorr-1000mTorr范围内的控制。

在热氧化工艺中，无论采用上述那种技术，都需要对氧化炉内的气压进行准确控制，以保证氧化硅层的质量，但如何实现准确控制正负压则是一个需要解决的技术问题。为此本文提出相应的解决方案。

2. 解决方案

目前碳化硅热氧化工艺，正负压控制范围为0.1Torr~800Torr（绝对压力）。对此范围的绝对压力控制，基于动态平衡控制方法，本文设计的控制系统结构如图1所示。

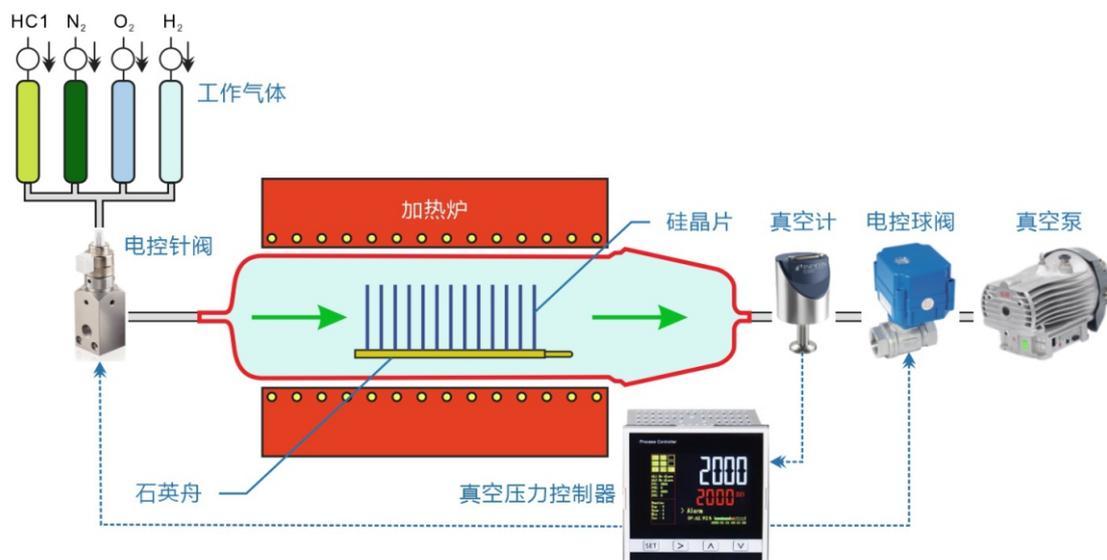


图1 碳化硅热氧化工艺真空压力控制系统

在图1所示的解决方案控制系统中，从加热炉的一端输入工作气体，工作气体流经加热炉以及炉内放置的圆晶后，由真空泵抽气排出。工作气体可根据工艺要求进行选择和配置，可选择多种气体按照比例进行混合。

为了在0.1Torr~800Torr整个量程范围内实现正负压力的准确控制，需要至少采用两只不同量程的真空度，如1Torr和1000Torr，图1中只标识了一只真空计。在图1所示的控制系统中，真空计、电控阀门和真空压力控制器构成一个闭环控制系统，具体控制过程如下：

(1) 工作气体和真空泵始终处于开启状态。

(2) 两只真空计分别连接控制器的主输入端和辅助输入端，控制器具有传感器自动切换功能，可根据加热炉内的实际压力自动切换到相应量程的真空计。

(3) 整个正负压力控制采用PID分程控制功能，电控针阀连接控制器的反向输出端，电控球阀连接控制器的正向输出端，由此可以根据不同的压力设定值自动调节进气和出气流量来实现压力的准确控制。

由于热氧化工艺所使用的温度和正负压力范围较宽，本解决方案采用了以下关键装置：

(1) 由于在真空压力控制过程中，加热炉始终处于加热或冷却状态，温度变化会对压力控制产生严重的影响。为了始终将氧化过程中的正负压力控制在设定值上，阀门的调节速度起着关键作用，本解决方案配备了响应时间小于1秒的高速电控针阀和电控球阀，由此可以将温度和其他因素对压力的波动影响快速恢复和稳定到设定压力。

(2) 由于正负压力范围宽泛，跨越了好几个数量级，所采用的2只真空压力传感器往往在较低量程区间的信号输出比较弱小，这就需要真空压力控制器具有很高的采集精度和控制精度。为此，本解决方案配备了超高精度的真空压力控制器，技术指标是24位AD、16位DA和0.01%的最小输出百分比，可完全满足全量程真空压力的准确测量和控制。

3. 总结

上述正负压力控制解决方案可以在全正负压力量程内达到很高的控制精度和响应速度，真空压力控制器除了具有高控制精度和分程控制功能外，还具有程序控制和PID参数自整定等多种功能。控制器还配备有RS485通讯接口，可便捷的与PLC上位机控制系统进行集成，采用自身所带软件也可在计算机上直接进行工艺调试和控制。