

# 晶硅片的清洗工艺控制探讨

钟 峰

四川晶科能源有限公司 四川乐山 614000

**摘 要：**晶硅片作为集成电路制造中至关重要的材料之一，其表面清洁度会对器件的性能以及稳定性造成直接影响，通过对清洗工艺进行控制，有助于提高晶硅片的表面洁净度，还可提高半导体器件制作过程中的可靠性以及稳定性，为此在实际工作中，就需要准确把握晶硅片清洗工艺参数及其影响因素，积极采取相应的优化以及改进工艺，这样才能保证晶硅片表面清洁度达到相关要求。为此本文将针对这一内容进行研究，以期能为相关人员提供借鉴。

**关键词：**晶硅片；清洗工艺；控制探讨

在半导体的制作过程中，晶硅片的清洗工艺具有重要价值，通过精确的清洗工艺，能去除其表面的杂质以及污染物，有助于保证晶硅片的表面质量以及性能，在实际清洗中，清洗溶液的选择以及浓度，清洗时间以及温度控制，清洗设备的选型以及操作方式，都会对清洗结果造成影响，所以就充分需要充分考虑以上影响因素，进行清洗工艺的优化以及改进，确保晶硅片表面的洁净度以及质量，从而为半导体支架的性能以及可靠性提供良好保证。

## 一、晶硅片的清洗工艺控制的目的

### 1. 提高晶硅片的表面洁净度

晶硅片的清洗工艺控制其目标是为改善晶硅片表面清洁程度，在晶硅片制造工艺中，晶硅片的清洁度将会影响晶硅片的效能及稳定性。所以，只有仔细进行清洗处理，才能有效改善晶硅片的清洁程度。在晶硅片生产中，受生产环境、设备及人员等多种因素的作用，晶硅片上常会有灰尘、油污及化学残留物等物质。它们不仅会对晶体硅材料的光电特性产生严重的负面作用，而且还会对晶体硅材料的光电特性产生不利作用。通过对清洗过程的严格监控，能够将其清除，从而确保晶硅片表面的清洗。通过对晶体硅进行清洗处理，可以改善晶硅片的透光性和平面度。晶体硅材料在太阳能电池等领域的广泛使用，需要具备较好的透光性及平面度，以提升其光伏转化效率及稳定性。通过合理的清洗处理，能够高效地清除晶体硅表面的微小缺陷及杂质，改善晶体硅的透光性与平面度，进而提升其光电转换效率与稳定性。

### 2. 确保器件制作过程中的可靠性和稳定性

晶硅片表面的清洗处理是器件制作的关键，其目标

是确保器件制作过程中的可靠性和稳定性。经过精密的清洗处理，能够将晶硅片上的杂质及杂质清除掉，确保器件制程中晶硅片的洁净。在半导体器件制造工艺中，微小的杂质就会引起其性能退化乃至失败。所以，只有对清洗过程进行严密控制，才可以保证晶硅片的洁净程度，也可以防止杂质对晶硅片的工作造成不良影响。同时，通过对晶硅片进行清洗处理，还可以改善晶硅片的表面品质及平面度，保证器件制作过程中的可靠性和稳定性。晶硅片的表面品质及平面度直接影响到晶硅片的效能与稳定性，对晶硅片进行清洗，可消除其表面的各种缺陷及杂质，从而能改善其加工性能。此外清理也能有效减少元件在制程上的损伤比率，提升元件的可靠性。晶硅片的加工品质及洁净程度，对元件的稳定性有重要的影响。通过对清洗过程的精确调控，可降低由于杂质或杂质造成的损伤，从而能提升制作过程的可靠性。在此基础上，通过对单晶硅材料进行精密清洗，能改善其加工性能，减少损伤，提升其可靠性。

## 二、晶硅片清洗工艺参数及影响因素

### 1. 清洗溶液的选择和浓度

清洗溶液的选择和浓度是决定晶硅片清洗效率的一个重要指标，在实践中，由于清洗溶液的选择和浓度的变化，直接关系到晶硅片的整体品质，进而影响到晶硅片的整体特性。清洗溶液的选用是非常重要的，常见的清洗溶液有盐酸，硝酸，氢氧化钠等。盐酸可以除去晶体硅上的氧化物及有机物质，而硝酸盐有氧化作用，能将其中的金属及残余的有机物质除去，而氢氧化钠能将晶体硅表面的氧化物除去。另外，在使用过程中，也可以针对具体的环境，选用各种混合的清洗溶液，使其具有较

好的清洗效果。另外，清洗溶液的浓度对清洗效率也有一定的影响。通常情况下，较大的清洗溶液具有较好的清洗性能，但在清洗工艺中对晶体硅材料的侵蚀也会增大。所以，在清洗溶液的选用上，应从清洗效率与对晶体硅的侵蚀两方面寻求一种平衡。另外，对于不同的清洗溶液，其最优浓度也不同，要结合具体环境加以调节。

## 2. 清洗时间和温度控制

影响晶硅片洁净度的一个重要指标就是清洗时间，如果清洗时间太短，将不能完全去除杂质，从而降低晶硅片的使用寿命和稳定性。但如果长期冲洗，会造成晶硅片表面的过分清洗，造成晶硅片的损坏，从而降低晶硅片的品质。所以，在生产过程中，要结合晶硅片的表面状况及清洗需求，对清洗次数进行适当的调节，在确保洁净的前提下，将对晶硅片的冲击降到最低。另外，在晶硅片清洗过程中，清洗温度也是一个非常关键的因素。通常情况下，随着清洗温度的升高，溶液中的反应速度会加速，从而有利于晶硅片上的杂质清除。然而，在高温下，晶硅片会因加热而发生形变或破坏，从而降低晶硅片的品质。所以，在确定清洗温度时，应根据晶体硅材料及清洗要求，选取合适的清洗温度。在清洗过程中，除清洗时间、清洗温度以外，清洗液配方、清洗压力、清洗方式等也会对清洗过程造成一定的影响。为使晶硅片清洗效率与品质达到最佳状态，必须进行全面的考量与调节。通过调控清洗过程中各因素（如清洗时间、清洗温度等），能显著改善单晶硅的洁净度及表面品质，保证其在后续加工过程中的稳定与可靠<sup>[1]</sup>。

## 3. 清洗设备的选型及操作方式

选用适当的清洗设备与适当的操作方式，是提升晶硅片品质与效能的关键。清洗设备的选择是决定清洗效率的一个重要因素，清洗设备要求清洗效率高，工艺参数稳定，运行稳定，选用清洗设备时，应优先考虑其净化容量及应用领域。由于晶硅片种类的差异，其清洗过程也不尽相同，所以，清洗设备必须具有灵活性，以配合各种清洗要求。清洗设备的清洗效果也是一个需要考虑的问题，高效能的清洗设备，可于短期内处理工作，以提升工作效能。除清洗设备的选择之外，运行模式对清洗过程的品质也有很大影响。通过合理的工作方法，可保证清洗过程中各参数的精确掌握，减少人为干扰。在使用清洗设备的过程中，必须遵守相关的技术规范，防止因错误而造成晶体硅的污染和损伤。同时，在清洗

过程中，工人的技能、经验等也是一个很大的因素。工作人员掌握正确的清洗参数调整方法，掌握好设备运行技术，可保证清洗过程的稳定性与可靠性。通过合理地选用清洗设备、适当地使用设备、专门的操作人才培养，可以使晶硅片清洗过程的品质与效率得到显著提升，从而保证半导体制造的成功<sup>[2]</sup>。

## 三、晶硅片清洗工艺的优化与改进

### 1. 采用新型清洗溶液

为进一步优化晶硅片清洗过程，改善晶硅片加工的效能与品质，通常会使用新型清洗溶液来改善晶硅片的品质。研究、开发和使用新型的晶硅片清洗溶液，能解决晶硅片表面残留、氧化层及灰尘等问题。选用适当的清洗溶液显得尤为重要。要求新型的清洗溶液的去污能力强，产生的残余率低，清洗周期缩短，可改善清洗效果及品质。晶硅片清洗过程中，清洗液的选用还应综合考量，兼顾清洗效果、成本及环境保护。使用氢氧化铵、氢氧化钠等碱性洗涤剂，能较好地除去晶体硅上的氧化物及有机物质，改善晶硅片的清洁度；使用氢氟酸或氢氧化铵等酸洗涤剂，能有效地除去晶体硅中的金属和其他杂质，降低晶体硅中的杂质。通过调节清洗液浓度、清洗温度、清洗时间及超声功率等工艺条件，可以提高清洗效果，提高清洗效率。与超声波清洗机及高压水枪等现代清洗装备相配合，可使清洗效果及质量得到提高。使用新的清洗溶液是改善和改善晶硅片清洗技术的一种主要手段。经过持续的摸索与创新，能持续提升清洗效能，减少制造费用，可促进半导体产业发展<sup>[3]</sup>。

### 2. 针对不同工艺要求进行个性化清洗

在晶硅片清洗中，针对晶硅片的加工过程，对其进行针对性清洗，可达到更好的效果。为满足各种工序的具体要求，必须全面认识各工序的特性与要求。比如，在一些过程中，对晶体硅表面上一些杂质或者残余材料耐受性较差，这就要求更加严厉的清理过程以保证洁净程度达到要求；有些过程中，清洗工作重心是移除某些特殊化学品，所以必须挑选出对该物质有较高选择性的净化剂。针对晶硅片本身的特点，晶硅片的大小、形状、材料和表面特征等因素都会对硅片表面的清洗过程造成一定的影响，所以要根据其特点做出相应调整。比如，如果是大块晶体硅，就必须有一个更大的洗涤池，而且要花很长的清洗时间，才能保证所有的表面都被完全清洗；如果是用特定材料制作的晶体硅，为防止晶体硅受到损伤，必须选用适合该材料的清洗剂。个体化的清洗

也要充分认识到其存在的问题与危险，并有针对性地进行防范与处理。比如，由于清洗剂的残余，会造成晶硅片表面污染，所以必须对清洗液的浓度及清洗时间加以严格控制。对于在清洗时造成晶硅片损坏的问题，要选用适当的清洗方式及装置来降低对晶硅片的冲击。在深刻理解各工序要求的基础上，针对晶硅片的特点制定个性化的清洗计划，并对潜在的问题与危险加以防范，才能提升清洗效果<sup>[4]</sup>。

### 3. 实施在线监控及反馈调整

在晶硅片清洗过程中，为实现在线监控及反馈调整，需采用先进的自动化装置与智能化控制体系，既可对晶硅片清洗过程进行全程监测，又可对可能出现的问题进行实时检测与处理，提高晶硅片清洗的稳定性与可靠性。先进的自动化装置与智能化控制体系可实现清洗生产过程中的温度、压力、流量等重要指标的在线监测，是实现清洗生产过程中的重要环节，利用智能化的控制设备对采集到的各种信息进行实时采集、存储和分析，从而能及时地检测出存在的问题，并提出解决方案。该装置能在清洗溶液浓度超过规定值时，及时报警，停止清洗工作，防止对晶体硅晶硅片产生伤害。通过构建相应的数据模型与算法，可实现对清洗过程的深度挖掘与优化。在此基础上，通过对各工序的运行情况进行统计和对比，使其能够逐渐地提高其智能化程度，并持续地进行各种操作，从而达到提高清洗效率、降低能源消耗的目的。通过设置远程监测与控制系统，可对清洗生产过程进行远程监测与调节。通过网络对操作进行实时监测，管理人员能实时掌握清洗状况，并按要求作出相应的调节与优化。该系统能有效改善清洗过程的灵活性，同时还有助于降低人工消耗，提高生产率。通过对晶硅片清洗过程进行实时监测和修正，能有效地提升晶硅片清洗过程的稳定性、可靠性及效率<sup>[5]</sup>。

### 四、未来晶硅片清洗工艺的发展方向

伴随着新能源工业的迅猛发展，以及半导体科技的革新，晶硅片清洗已成为一个必不可少的步骤。在今后的晶硅片清洗过程中，将向环境保护方向发展。常规的晶硅片清洗方法，会产生较多的化工废水及气体，对生态环境有较大的影响。今后晶体硅晶硅片清洗过程应以绿色为导向，研发出对环境友好的清洗剂及清洗方式，

以减少对环境的污染。晶硅片清洗过程将向高效率、自动化方向发展。由于半导体加工技术的发展，对晶硅片清洗需求也日益增加。在今后的晶硅片清洗过程中，需将重点放在提升清洗效能与精度上，以保证晶硅片的清洁度符合更高的要求。在此基础上，采用先进的智能装备与自动控制技术，对晶硅片的清洗进行全程自动监控，可提升晶硅片清洗的效率与品质。晶硅片清洗技术也将向多功能、智能化方向发展。在今后的晶硅片清洗过程中，将人工智能、大数据等先进理论与方法相结合，对晶硅片清洗装备进行智能化管理与数据解析，可提升晶硅片清洗装备的智能化水平与品质<sup>[6]</sup>。

### 结束语

综上所述，晶硅片清洗工艺控制作为半导体制作过程中的关键环节，会直接影响半导体器件的质量以及性能。相关人员就需要准确了解晶硅片清洗工艺的影响因素，积极进行清洗工艺的优化以及改进，在工作中，采用新型的清洗溶液，针对不同工艺要求进行个性化清洗，实施在线监控以及反馈调整，这样才能有效提高晶硅片的清洗质量，从而能在半导体制作领域取得更大的突破以及进步。

### 参考文献

- [1] 郭国超, 姜波. 硅片预清洗处理对LPCVD多晶硅薄膜生长的影响分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(4): 48-49.
- [2] 王成信. 太阳能级硅片清洗液原料配比研究[J]. 太阳能, 2023, (6): 31-35.
- [3] 唐斌, 张志敏. 氢氟酸清洗晶圆表面氮氧化硅材料导致缺陷的研究[J]. 广州化工, 2023, 51(9): 66-68.
- [4] 牛艳娥, 李宁, 孙文迪. 基于超声波清洗技术的太阳能多晶硅片清洗装置设计[J]. 工业加热, 2021, 50(6): 56-58.
- [5] 胡雅倩. 硅片清洗技术及发展[J]. 天津科技, 2019, 46(6): 66-67.
- [6] 李明智, 韩焕鹏, 常耀辉, 张颖武, 莫宇, 刘峰. 一种新型的硅片研磨后清洗液[J]. 半导体技术, 2020, 45(9): 718-722.