

Discussion on Wafer Cleaning Methods and Development of Wafer Cleaning Equipment

Haijun Gao

Zhejiang Haina Semiconductor Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 324300, China

Abstract

Due to the vigorous development of high-tech, the application of embedded integrated circuits is also increasing, and the requirements for its processing and production technology are also increasingly strict. Silicon wafers are the main accessories of embedded integrated circuits. In the practical application process, in order to improve the manufacturing process of embedded integrated circuits and improve its application efficiency, it is necessary to clean the silicon wafers. Therefore, in-depth study and discussion of wafer cleaning methods and development of wafer cleaning equipment are the key to improve the technological efficiency of semiconductor radio. The paper focuses on the analysis and discussion of wafer cleaning methods and equipment, hoping to provide more reference suggestions for wafer cleaning.

Keywords

silicon wafer; cleaning method; cleaning equipment

硅片清洗方法及硅片清洗设备的研发讨论

高海军

浙江海纳半导体股份有限公司, 中国 · 浙江 杭州 324300

摘 要

由于高新技术的蓬勃发展, 对镶嵌式集成电路的应用也日益增多, 对其加工生产技术要求也日益严格。硅片是镶嵌式集成电路的主要配件, 在实际应用过程中, 为改善嵌入式集成电路制造工序, 提高其应用效益, 需要对硅片进行清洗。所以, 深入研究并探讨硅片清洗方法和开发硅片清洗设备, 是提升半导体收音机工艺效益的关键。论文重点针对硅片清洗方法和硅片清洗设备展开分析与研讨, 期望可以对硅片清洗提出更多的借鉴建议。

关键词

硅片; 清洗方法; 清洗设备

1 引言

在对硅片的制造和使用过程中, 需要对其表面进行清洗, 没有灰尘污物才可以使后续生产工艺顺利进行。所以, 需要在制造之前对硅片进行清洗, 在整个制造流程当中清洗是一个循环频次最高的过程, 硅片的清洗过程比较复杂, 清洗过程的重要与难点在于随着硅片体积的日益减小, 半导体集成电路对硅片的敏感性愈来愈高。例如, 半导体收音机的生产与加工过程中不可避免要吸收一些粒子与尘埃等污染物, 为了降低其他污染物质对器件品质的危害, 在实际制造流程中常常要求对硅片进行一次清洗, 这一清洗流程复杂繁重, 仅仅一次清洗过程就占用了整个半导体收音机制造流程的 1/3。由此可见, 清洗技术及其清洗装备的必要性。当前, 硅片清洗技术应用最大的是湿法技术, 经过不断的技术革新

与完善, 湿法施工清洗工艺几乎已经取代了干法的清洗, 并应用于硅片清洗技术中。

2 硅片清洗的必要性

硅片清洗是生产光伏电池和集成电路的关键, 清除的过程直接关系着光伏电池和集成电路产品的可靠性、质量和安全性。硅片是硅棒上切割下来的, 硅片外表的多层晶格处在被破坏的阶段, 充满了不饱和的吊键, 悬吊键的活性很强, 容易吸收外部的物质颗粒, 造成硅片外表遭到破坏且功能恶化。其中颗粒杂质会造成硅片的介电强度下降, 而各种金属粒子则会增加光伏电池 P-N 结的反向漏电流和减低各种金属少子的寿命, 而有机物质使抗氧化层的品质劣化, H、O 则会增加对硅表层的侵蚀。清洗硅片不但要去掉硅片表层的污物同时还要将硅片表层钝化, 从而减少硅片表层的吸收能量。高尺寸的硅晶片对表层的清洗力需求也十分严苛, 理论上表面不可以存在各种粒子、金属分子、有机粘附、水汽、氧化物层等, 而数目硅片表层要具备分子级的均匀度, 硅片

【作者简介】高海军 (1976-), 男, 中国浙江杭州人, 本科, 工程师, 从事硅材料加工及设备研究。

边界处的悬吊键与结氢终止。目前,因为硅片清洗技术的欠缺,在大型集成电路中由于硅材的洁净度不足而形成问题并至失效的比率已超过了 50%,所以优化硅片的清洗工艺非常必要(如图 1 所示)。



图 1 工作人员对硅片进行清洗工作

另外,硅片清洗是硅片生产流程中的一个关键步骤,硅片清洗是硅片质量过程中不能缺的关键部分。硅片清洗主要用来去除硅面上污染物,保证硅面上均匀的清洗,提高光刻、刻蚀、离子注入等工艺的良性。硅片清洗可以增加刻蚀速度、提高沉积厚度和降低腐蚀,在生产流程中,还可以有效地避免硅晶片的氧化,降低表面瑕疵(如划痕)的形成,增加光刻准确度和缩短刻蚀所需时间。硅片清洗能够高效地去除硅片表面上的污染物,确保光刻胶和硅片能够亲密接触。通过特殊工艺处理后的硅片在清除过程中还可以产生一个保护膜,有效避免污染物粘附于大规模生产晶片上。

3 硅片的主要清洗方法

3.1 刷洗法

刷洗法是目前清洗硅片系统最为普遍的一种方式之一,通常情况下,这种技术可以应用于切削和打磨过的硅片系统清洗上,可以高效去除抛光过的硅片外表粘附的大量污垢和颗粒。洗刷法可以分为单层洗刷或双面刷洗,在实际工作流程中洗刷法有时候需要和超声法甚至是化学液冲洗法联合应用以改善硅片清洗的工作效果和效率。

3.2 化学清洗法

3.2.1 RCA 化学清洗法

在 20 世纪 60 年代,有中国的企业研发并引进了这种化学处理硅片的技术。这些工艺与手段后来都称之为 RCA 清洗技术。这种方法主要是使用化学药剂来实现硅片清洗的目的,目前大部分的厂家所采用的硅片清洗技术都采用 RCA 化学技术,由此可见这种技术的使用范围之广泛。该清洗方案的过程首先是将两种标准的清洗液按照顺序和比例配制完成,确保该清洗液的工作温度达到 80℃ 以下,特殊情形下会将清洗液的高温冷却至常温。一号清洗液则是将氢氧化铵溶液和过氧化氢加水按 1 : 1 : 5 的配比搅拌,再配制为碱式水溶液,来除去硅表面的细颗粒物。该溶剂可

以对硅表面的颗粒物进行氧化还原作用,迅速溶解其表层粒子,从而减少了颗粒的表面附着力。利用静电驱动的排斥效应来分散硅表面的粒子,不过该溶剂也会对硅晶圆表面形成一定的侵蚀作用,从而造成了硅晶圆表面粗糙度。2 号标准溶液主要是依靠将溴化氢、过氧化氢和水按 1 : 1 : 6 的配比制备的强酸性水溶液。使用该溶剂清洗硅片上的金属污染物。此外,还有的三种标准溶液是由硫酸与水按 1 : 3 的配比制备而成,这些溶剂必须在 120℃ 的高温情况下进行,用以除去硅片上的化学物质。

3.2.2 改进后的 RCA 化学清洗方法

传统的 RCA 清洗方式通常都是使用在温度变化较大的环境当中,而且由于清洗液的化学物质含量较多,在实践使用流程中也大大增加了化学药品的耗费。所以目前,人们已经针对传统的 RCA 清洗方式加以了调整,并重新匹配化学溶剂。对 1 号和 2 号的溶剂加以了稀释,效果达到 100 倍以上,而且试验中发现稀释后的化学溶剂对硅片的清洗作用也大大提高。改良后的技术有效地减少对化学药品剂型的耗费,从而降低了化工企业的生产成本。并且在采用利用溶液增加超声能量技术之后,还可以大大减少溶剂的反应温度,增加反应时间和溶剂的实际应用时间。这样不仅减少了企业的经济投资,而且还可以为人类身体健康带来了有利作用。

3.3 自然氧化层去除方法

硅片的清洗过程中大部分时间需要暴露于空气当中进行,所以在硅表面会产生一层氧化膜,这一层氧化膜就被称为自然氧化层。在进行使用生产过程之前,一定要先把这一层氧化膜给去掉。实际的生产过程中,通常都会采用由氟化氢溶液与水以 1 : 10,甚至是 1 : 100 左右的比率配置而成的水溶液进行洗涤。在硅片交付使用以前,自然氧化层的去除通常是经过最后一个洗涤流程。经该流程洗涤后硅表层就产生稳定的保护膜,而不能再轻易被空气进行氧化,因此可放心使用。

4 硅片清洗设备

4.1 化学清洗槽

通常情况下,化学清洗槽都是由中石英或玻璃等材料加工制造而成的。在实际应用过程中,必须严格按照硅片洗涤时所用的化学溶剂的物质和含量,来选用化学清洗槽的材料。在一般情况下,中子或生物产氢反应器通常被用作常温下的弱酸和弱碱性水溶液的硅片洗涤。中石英或玻璃等材料的化学清洗槽则通常被用作强酸或烈碱性等较高浓度化学溶剂的硅片洗涤。不过需要注意的地方是,中石英或玻璃材料一般不得进行氟化氢溶剂洗涤工作。中石英材料的化学清洗槽在实际应用过程中,可以直接将水槽中溶剂加温至 180℃ 以上,通常由中石英内槽保温板材及其塑料壳所构成。而中石英槽的加热器则可以利用加热膜直接加温材料,达到升温目的。在石英化学清洗水槽内安装感应器,对环境温度

变化尤为灵敏,可以实现精确掌握和管理水槽中化学溶剂温度(如图2所示)。



图2 化学清洗槽

4.2 兆声清洗槽

目前,大部分的化工企业都使用化学清洗硅片方法,或者是通过改进后的化学清洗液清洗技术与兆声能量共同应用,可以大大提高硅片清洗效果和产品质量。通常的兆声清洗速率设置在800kHz和1MHz左右,而兆声功率则为100~600W。在兆声洗涤水槽下部还装有兆声换能器,通过这种装置可以很有效地防止了在进行硅片清洗过程中化学清洗液对兆声换能器造成侵蚀和破坏。但是兆声换能器在运行过程中会形成巨大的气泡,而这种气体又可以吸收兆声能量,从而使得清洗的效果大大减弱。而且根据这种现象,在进行岩英槽底板工作时有 10° ~ 15° 的倾斜角,当有气泡出现时,泡沫就将顺着斜面的底板向前运动,上浮表面。这在一定程度上降低了气泡对兆声功率的损耗。但与此同时,在设置兆声清洗槽外槽上不能采用不锈钢的材质,而兆声清洗槽的外槽材质则按照要求不同,可以选用不锈钢甚至是石英材质(如图3所示)。



图3 兆声清洗槽

4.3 旋转喷淋清洗设备

旋转喷淋试验清洗装置一般包含自动配水装置和清洗空腔的结构部分。这种装置的清洗作业是在一种封闭的空气里进行的。能够一次性地进行化学清洗,去离子清洗的几个阶段。它不但能够大大提高硅片系统清洗效果,还可以通过降低洗涤过程来减少对硅片系统外表的破坏。该装置可以将化学溶剂比较平衡,确保每片硅片所接触到的溶剂都是新鲜的,降低溶剂对硅片系统的侵蚀和损伤,并且密闭的清洗空气降低了空气对硅片系统外表的氧化作用,同时减少化学溶剂对身体的伤害。目前这种清洗的技术已经很广泛地运用于硅片系统清洗流程中。

4.4 硅片刷洗器

硅片刷洗器主要是用于洗涤打磨后的硅片,可以高效地清洗硅片表面的细小粒子。传统的聚酰胺毛刷会对硅片表面产生一些损伤,目前硅片洗涤剂所采用的毛刷是聚乙烯醇材料。该材料的毛刷可以合理地与去离子水搭配,既起到清洗硅片表面小粒子的目的,也可以降低对硅片表面的损伤程度。

4.5 水冲洗槽设备

硅片在进行多次清洗过程之后需要使用去离子水,把硅片表面的残余物料冲洗干净。传统的清洗方式通常会通过多级外溢槽来进行。不过该装置的实际应用中由于去离子水的剂量相当大,而且洗涤效率又无法适应现代产品加工要求。所以目前多在快排槽没完成这一程序。

5 结语

综上所述,硅片是主要的半导体制造材质,而且在使用过程中一定要保持硅片表面清洗洁净才可以提升半导体收音机的制造品质。加快对硅片清洗方法和设备的研发可以有效提升其工艺效能,而使用较为先进的清洗方式则可以减少对工厂的成本投资。由此可见,随着对硅片生产工艺的需求日益增加,其清洗方式和设备也一定要不断完善与更新,以便于更好地满足工艺发展需求。

参考文献

- [1] 闫志瑞.半导体硅片清洗工艺发展方向[J].电子工业专用设备,2004,33(9):4.
- [2] 杨章萍,姜彩霞,张旭慧,等.某单晶硅生产企业职业危害及防护调查[J].环境与职业医学,2013,30(5):371-373.
- [3] 李强.硅片抛光清洗简述及表面缺陷分析[J].城市建设理论研究(电子版),2018,252(6):211+214.
- [4] 赵权.半导体单晶抛光片清洗工艺分析[J].半导体技术,2007,32(12):1049-1051.
- [5] 范红娜,杨洪星.单晶硅抛光片表面质量探究[J].电子工业专用设备,2016,45(8):27-29.