

Strengthen Statistical Analysis Algorithm Application: Elevating Wafer Manufacturing Ingot Quality Management Level

Shunkui Ke

Shanghai Huali Microelectronics Corporation, Shanghai
Email: keshunkui@hlmc.cn

Received: Mar. 22nd, 2018; accepted: Apr. 11th, 2018; published: Apr. 18th, 2018

Abstract

In order to efficiently elevate the semiconductor manufacturing Ingot quality management level, a suggested method which based on the data statistical analysis method coupled with information technology was introduced. The suggested method including the automatic and periodic semiconductor ingot data acquisition, standard semiconductor ingot management method and quality alarm feedback control method. By the application of this suggested method, it can be looking forward to transform the traditional statistic and sampling semiconductor manufacturing ingot quality management and control method into dynamic real-time feedback control method. Finally, it can be used for elevating the semiconductor manufacturing ingot quality management level.

Keywords

Wafer, Standard, Ingot, Quality Management and Control, Alarm Feedback

强化统计分析算法应用：提升晶圆加工铸锭品质管控水平

柯顺魁

上海华力微电子有限公司，上海
Email: keshunkui@hlmc.cn

收稿日期：2018年3月22日；录用日期：2018年4月11日；发布日期：2018年4月18日

摘要

为有效提升晶圆制造企业的铸锭加工品质管控水平,在数理统计分析方法和信息技术的基础上,建立适用于晶圆制造企业的铸锭加工品质管控反馈控制解决方案,包括:自动化的晶圆铸锭数据采集、规范化的铸锭品质管控方法和铸锭良率预警反馈应用三个方面。通过上述方法的应用,有望将晶圆制造企业原有的抽样静态品质管控方法铸锭管理方法升级为自动化、标准化和实时反馈控制方法,从而从根本上提升晶圆制造企业铸锭加工品质管控水平。

关键词

晶圆, 规范化, 晶棒, 品质管控, 预警反馈

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 概述

晶圆制造是半导体制造环节中投资最大、耗时最多、工艺最为复杂的一个阶段,其本质特征在于产品种类多、生产批量大。根据工艺平台复杂性的不同,通常晶圆在制造过程中大约要经历 500~800 多道生产或是量测工序,且晶圆生产无法用传统的单一生产线进行生产,而是要通过晶圆制造厂的一些主要工作站点(离子注入、薄膜、刻蚀、光刻等)进行重复加工,因此,半导体晶圆制造具有可重入制造系统的特征[1]。

半导体晶圆制造投资大,制程复杂。随着摩尔定律逐渐逼近极限,晶圆制造的制程尺寸也越来越小,这就对制程稳定性提出了更高的要求,其中,良率水平的高低是直接关系到制程能力的关键因素,对于晶圆制造企业而言,高良率就代表其制程稳定,可以为企业减少不良品损失,进而提高企业的利润[2] [3]。但晶圆制造的复杂、可重入特性使得产品良率具有很大的不确定性,具体地说,影响良率(电性测试结果、白像素点结果等)的因素贯穿于晶圆制造的全过程,包括:铸锭原材料的自身特性(铸锭直径、外延层厚度、外延层电阻率、表面颗粒大小、表面平坦度、衬底厚度、弯曲度等)、产品制程尺寸、生产设备类型、工艺水平的影响、无尘室洁净度[4] [5]等方面,因此很难进行管控,以 CIS (Contact Image Sensor, CIS, 接触式传感器)产品为例,白像素(whitepixel)一直是晶圆制造 CIS 产品良率的重要参数,它直接制约着摄像头类产品的传感芯片最终成像清晰度,不仅直接关系着相关图像传感器类产品的拍照、摄像视频质量,也是晶圆制造企业 CIS 类产品良率控制的重要指标之一。目前针对 CIS 产品的良率控制,主要是从晶圆电性测试,重金属污染、铸锭原材料等方面展开,而晶圆铸锭自身良率特性对晶圆良率的影响作用最大,而目前国内的半导体企业对晶圆铸锭的管控方法研究较少,鲜有文献涉及,因此对晶圆制造铸锭原材料的管控水平较低。晶圆铸锭自身良率特性必将对后期产品良率产生极大的影响,为有效提升晶圆制造铸锭原材料的管控水平,本文以 CIS 产品白像素点控制为例,通过应用数据统计分析方法,全方位、深度分析晶圆制造铸锭原材料及对良率参数的影响及相关的晶圆铸锭原材料管控解决方案。

2. 解决方案

晶圆制造铸锭原材料(Ingots)的各类自身属性(包括:铸锭直径、外延层厚度、外延层电阻率、表面颗

粒大小、表面平坦度、衬底厚度、弯曲度等)都会对良率参数产生重要影响,如果铸锭自身就含有严重缺陷,以现有的技术,铸锭自身良率无法从工艺上进行修复,如果将该铸锭长期应用于生产,那么会继续对后期的产品良率造成长期且持续的影响。目前各晶圆制造厂对铸锭的管理方法是供应商提供的各类铸锭原始数据进行抽样检测并录入数据库,该方法不仅是静态方法,也缺乏对这类数据的深度分析,因此对晶圆制造铸锭原材料的管控水平较低。本文通过应用数据统计分析方法,并结合我单位的芯片制造实际,全方位、深度分析晶圆制造铸锭原材料及对良率参数的影响,具体包括:自动化的晶圆铸锭数据采集、规范化的铸锭品质管控方法和铸锭良率预警反馈应用三个方面,解决方案如图1所示。

2.1. 铸锭数据采集

铸锭数据采集接口方案及处理流程如图2所示,主要是通过C#编写数据采集脚本每天早上八点定时采集铸锭原始数据和产品白像素原始数据分别存入铸锭原始数据表和产品白像素原始数据表,而后同样采用C#编写另一个数据采集脚本每天九点通过主键连接的方式获取铸锭-白像素数据视图,通过这一方法,为后续的铸锭品质管控方法数据分析奠定基础。

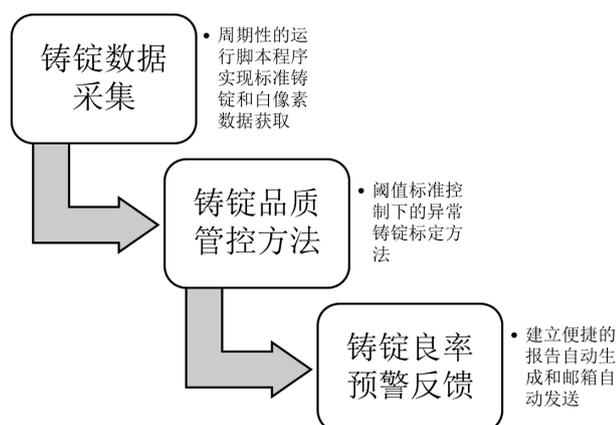


Figure 1. Ingot quality management solution for wafer manufacturing

图1. 晶圆制造铸锭良率管控解决方案

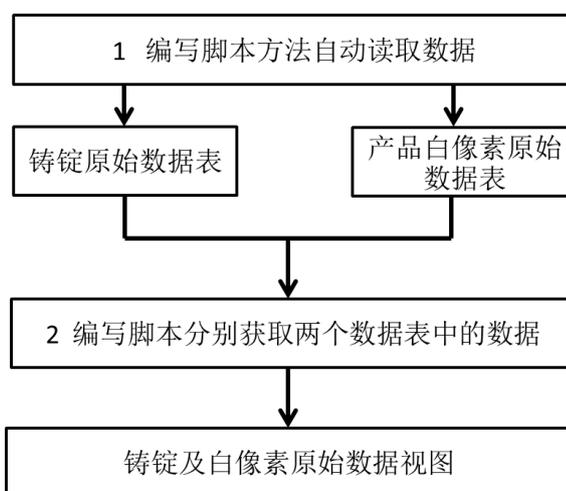


Figure 2. Ingot quality management handling process

图2. 铸锭良率管控处理步骤

2.2. 铸锭品质管控方法

2.2.1. 铸锭自身参数对 whitepixel 影响的相关性分析

相关性分析是指对两个或多个具备相关性的变量元素进行分析，从而衡量两个变量因素的相关密切程度。相关性的元素之间需要存在一定的联系或者概率才可以进行相关性分析。

铸锭原材料的各类自身属性，包括：铸锭直径、外延层厚度、外延层电阻率、表面颗粒大小、表面平坦度、衬底厚度、弯曲度等因素都会对 whitepixel 产生重要影响，因此本部分主要通过相关性分析方法，找出各因子中对 whitepixel 影响最大的因素为外延层电阻率和衬底厚度，并在铸锭入库检测中，进行重点管控，通过检查发现对 whitepixel 影响最大的因素是外延层电阻率。

2.2.2. 异常铸锭发现

设定阈值标准，重点标记出异常铸锭，其处理流程如图 3 所示：

- 1) 选择产品种类。根据所选择的产品类型，得到铸锭列表信息；
- 2) 计算并保存该产品的白像素点平均数值。将该数值进行保存并作为铸锭品质评估的标准；
- 3) 根据正态分布理论及数据统计，建立异常铸锭发现的阈值标准为：平均值 ± 3 *标准偏离；
- 4) 对异常铸锭进行标记并生成结果输出。

2.2.3 异常铸锭发现

通过标记超过 Whitepixel 平均值 ± 3 *STD。范围之外的 Ingot 为“异常 Ingot”，而未超过此区间的为“未见异常 Ingot”，可通过编写 C#脚本的方式，将其以图片的方式发送 Email 给相关的工程师，实现实时的铸锭良率管控。

3. 结束语

晶圆制造铸锭原材料对良率参数产生重要影响，如果铸锭自身就含有严重缺陷，以现有的技术，无法从工艺上进行修复，如果将该铸锭长期应用于生产，那么会继续对后期的产品良率造成长期且持续的影响。为有效提升晶圆铸锭管控水平，本文结合 CIS 产品中的 whitepixel 参数和铸锭原始数据，通过应

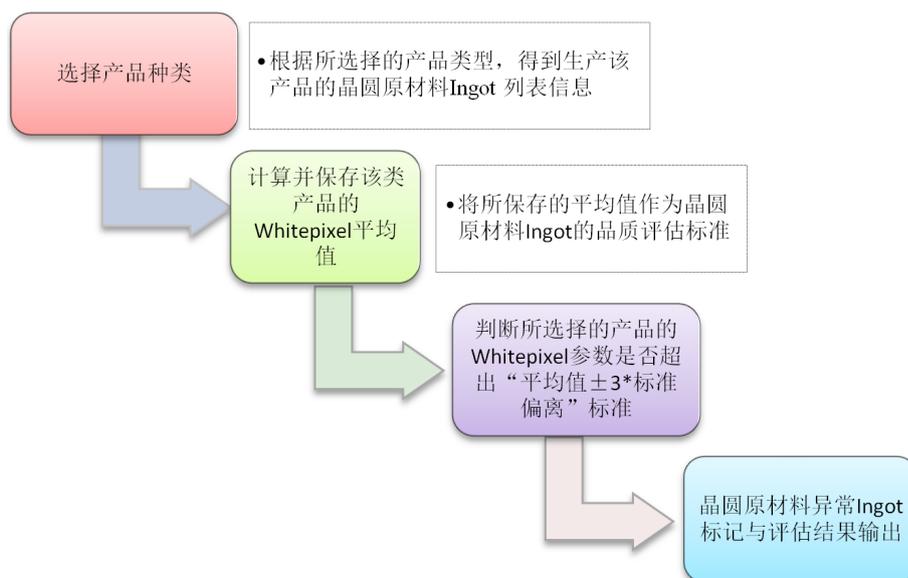


Figure 3. Abnormal Ingot identification flow
图 3. 异常铸锭发现流程

用数据统计分析方法,从自动化的晶圆铸锭数据采集、规范化的铸锭品质管控方法和铸锭良率预警反馈应用三个方面,全方位、深度分析晶圆制造铸锭原材料及对良率参数的影响,有望从根本上提升晶圆制造企业的铸锭管理水平。

参考文献

- [1] 梁德丰,梁静,钱省三. SPC 在半导体晶圆制造厂的应用[J]. 半导体技术, 2004, 29(3): 35-37.
- [2] 简祯富,林鼎浩,徐绍钟,等. 建构半导体晶圆允收测试资料挖矿架构及其实证研究[J]. 工业工程学报, 2001, 18(4): 37-48.
- [3] 段桂江,严懿,王洋. 基于数据挖掘的质量成本分析与控制[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 7(19): 1692-1696.
- [4] 钮轶君,钱省三,任建华. 基于数据挖掘的半导体制造质量异常研究[J]. 观察与思考, 2006(2): 892-899.
- [5] 胡玉. 半导体晶圆测试间的洁净度控制[J]. 科学技术, 2016(10): 407.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7613, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ms@hanspub.org