

# SPC技术在中小型微电子企业中的应用

## The Application of SPC In middle or small microelectronics industry

彭 渤 张 文

香港兴华半导体工业有限公司

PEN Bo ZHANG Wen

(HK)Xinghua semiconductor industry co.,Ltd

**摘 要:** 本文对 SPC 技术作了简单描述, 着重介绍了 SPC 技术在香港兴华半导体工业有限公司的实际应用及其成果。

**关键词:** SPC 质量监控 控制图

**Abstracts:** The paper describes briefly SPC technology and introduces mainly its application in (HK) Xinghua Semiconductor Industry LTD.

**Keywords:** SPC; quality control; statistical graph

SPC(Statistical Process Control)技术是统计过程控制技术的简称, 20 世纪 80 年代后期国际上大型微电子企业在生产中开始采用的工艺统计过程控制技术, 从近十年来 SPC 技术的应用效果看, SPC 技术在保证产品质量、提高产品可靠性等方面取得了明显的效果, 因而成为当代企业提高管理水平和提高产品质量的重要工作内容。但是, 由于受生产工艺水平、生产设备能力、计算机管理的应用软件水平、以及使用成本等的限制, 这种能揭示工艺过程统计受控状态的质量管理技术并未在中小型微电子企业中得到有效运用。为此, 本文将介绍 SPC 技术在本公司(中小型微电子企业)工艺过程控制的应用及取得的初步成果, 并期望 SPC 技术在中小型微电子企业中能得到推广应用。

### 1. SPC 技术概述

#### 1.1 SPC 技术的作用

80 年代中期以前, 微电子企业为保证产品质量, 基本上以工艺检测和产品检验为主要手段进行产品的质量监控, 很明显这是一种事后检测的方法。随着各类使用电子元器件的电子

产品的质量需求的提高, 对电子元器件产品质量和可靠性的要求自然提高, 因此, 如何使微电子产品的质量适合于电子产品的需求, 也成为该行业产品质量管理的重要课题。研究人员在通过不断研究后逐步认识到, 保证质量的有效途径是在工艺过程中建立一种预防措施, 即, 如果使工艺过程始终处于统计受控状态, 将会更有效的提高产品质量和可靠性。

从 80 年代中期开始, 以摩托罗拉为首的美国一些大型微电子企业, 在事后检查的基础上, 发展了以事前预防为指导思想的 SPC 技术。随后, 美国于 1988 年颁布了用于微电子企业生产的 SPC 标准 "EIA-557-A 统计过程控制体系", 我国于 1997 年颁布了 "电子元器件统计过程控制体系" 军用标准。SPC 技术主要作用如下:

(1) 保证工艺过程的统计受控状态。当检测出工艺中异常原因引起波动时, 立即发出警报, 以便及时查找原因, 采取相关纠正措施, 使工艺一直处于统计受控状态。

(2) 用于定量评定生产线、单道工序或单个工艺参数是否处于受控状态,

因此特别适用于生产线的认证。

(3) 代替一部分筛选和可靠性试验。

(4) SPC 技术成为表征产品内在质量的重要依据之一。例如微电子企业在提供产品时, 还要一起提供 SPC 数据, 以证明产品是在受控工艺条件下生产的, 而不是仅靠筛选检测得到的, 表明产品具有较高的内在质量和可靠性。

(5) SPC 技术的核心是保证产品的内在质量和可靠性, 特别受到对可靠性有更高要求的微电子企业的重视。

#### 1.2 SPC 技术理论

SPC 技术就是利用数理统计分析理论, 对连续采集的多批工艺参数数据进行统计分析, 对工艺过程是否处于受控状态给出定量结论。该理论的实现依据是, 若在工艺中只存在随机原因引起的波动, 则工艺处于受控状态。若出现异常原因引起波动, 出现工艺能力下降、失控或者有失控倾向时, 如果能够及时发出警报, 提出问题及缺陷依据, 进而采取相关纠正措施, 将可使工艺线继续处于统计受控状态, 只要工艺处于受控状态, 该工艺线生产

的产品就可以达到用户需求的质量要求。其中随机原因是一种客观存在的不可避免的偶然原因，它引起的质量波动比较小，并且遵循一定的统计规律，异常原因是引起工艺结果参数变化异常大的原因，或变化幅度虽然不大，但变化规律特殊，如逐渐增大或逐渐减少。

工艺是否受控与工艺是否满足工艺规范要求的概念不同，工艺是否受控表示工艺运行是否正常，而工艺规范是指产品加工过程中对工艺结果的要求；处于统计受控的工艺线生产的产品，能够满足工艺规范的要求，而满足工艺规范的产品，生产工艺线不一定处于统计受控。

1.3 SPC 技术流程

按照SPC技术标准的要求，SPC技术要在建立SPC体系的基础上，应用数理统计分析手段，解决与质量管理相关的技术问题，具体就是要选择不同生产线的不同关键点实施基本技术流程，就微电子生产线而言，SPC技术主要包括如下方面工作：

- (1) 关键工艺过程节点及关键工艺参数的确定，包括氧化、淀积、刻蚀、扩散、离子注入、光刻等。
- (2) 工艺参数数据采集，包括材料

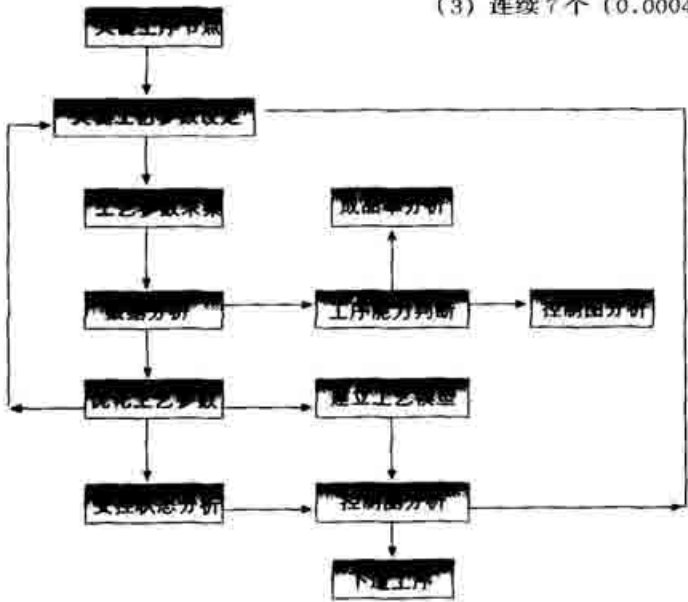


图1 SPC 技术流程图

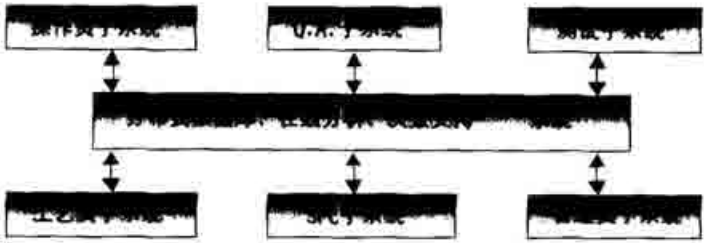


图2 本公司 CAM 系统结构图

参数、设备参数、环境参数、工艺条件参数等。

(3) 工艺受控状态定量分析。

微电子生产线SPC技术流程如图1所示：

1.4 工艺过程受控的判断规则

根据数据点的位置和排列形式判断是否失控，下面是广泛采用的五组规则，括号内给出事件发生的概率。

(1) 若控制图上有一部分数据点位于控制限以外，则工艺过程为失控，一部分数据点是指：连续25个点至少有一个点在控制限以外(0.0654)；连续35个点至少有二个点在控制限以外(0.0041)；

连续100个点至少有三个点在控制限以外(0.0025)；

(2) 连续7个(0.0156)或多于7个数据点位于中心线同一侧；

(3) 连续7个(0.0004)或多于

7个数据点单调上升或下降；

(4) 控制图中较多的点位于于中心线同一侧，即连续11个点中至少有10个点在中心线同一侧(0.0118)，连续14个点中至少有12个点在中心线同一侧(0.0130)，连续17个点中至少有14个点在中心线同一侧(0.0130)，连续20个点中至少有16个点在中心线同一侧(0.0118)；

(5) 连续出现高位或低位偏差，则工艺过程失控，连续3点中至少有2点偏离中心线2倍标准偏差以上(0.0073)，连续7点中至少有3点偏离中心线2倍标准偏差以上(0.0038)。

2. 我们目前使用的SPC控制图分析

本公司为中小型微电子企业，建立了计算机辅助制造系统，简称CAM系统(含SPC子系统)，考虑到企业实际情况，该CAM系统包括六个子系统，系统结构图如图2所示：

其中工艺员子系统的功能是确定产品的工艺流程，设定适合产品的工艺参数，为产品提供操作依据。操作员子系统主要是采集硅片生产信息；QA子系统负责片子检验信息的输入；测试子系统负责产品性能测试；管理员子系统主要由生产中的相关管理人员使用；SPC子系统能全面显示全厂生产信息，主要供中高级管理人员使用，由报表、质量控制图表、计划和查询四部分组成，能够自动分析30余道工序技术参数统计过程控制情况。下面将结合部分SPC子系统控制图给出相关应用分析。

图3示出了XXXX年4月1日至XXXX年5月20日CVD Nitride SPC控制图。

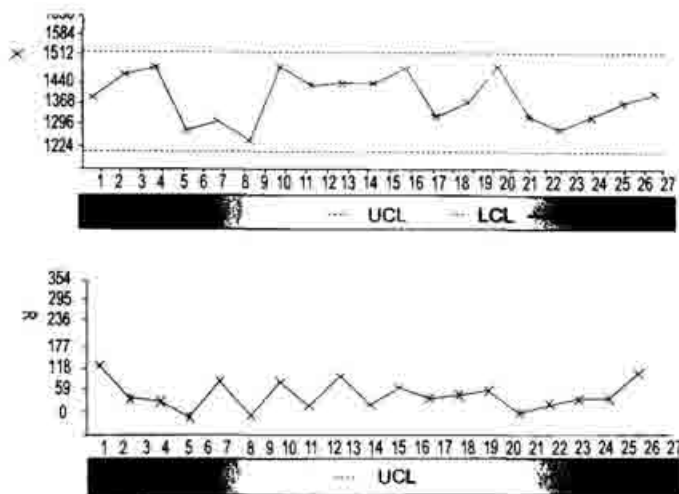


图3 CVD Nitride SPC控制图

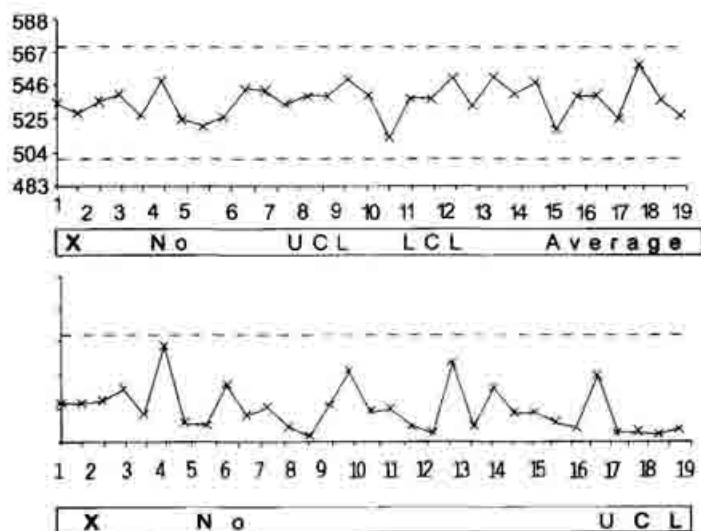


图4 Field Oxide控制图

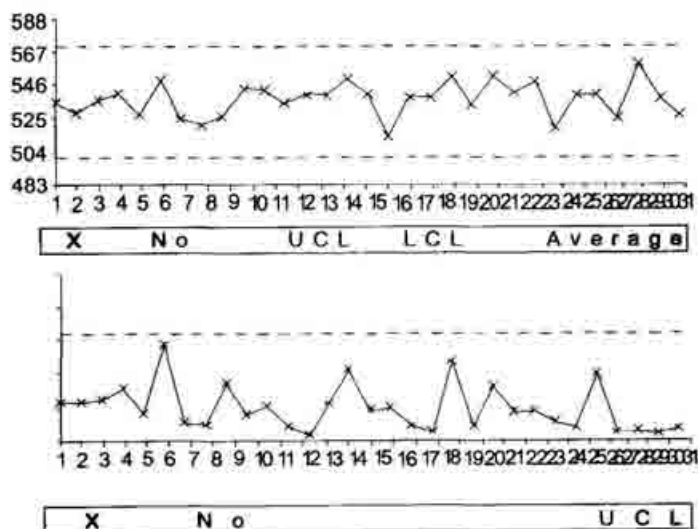


图5 Pre Gate Oxide控制图

本控制图的采样步骤是：每炉装5个舟，每舟装1批(25个)生产片，每炉抽取4个生产片，每片测试3点氮化硅厚度，然后将数据输入电脑，即形成图示分布。数据能采集从希望得到数据的日期至当前时刻氮化硅厚度测试数据，通过选择查看时间，可以查阅某一时间段的控制情况，本图采样区间为27天，由图可以看出，氮化硅薄膜生长工艺处于统计受状态，工艺控制比较稳定，技术参数较好地满足了设计要求。

图4示出了XXXX年5月1日至XXXX年5月20日 Field Oxide控制图，抽样方法是每炉5舟10批，每舟内抽取1批共取3片，测量氧化层厚度数据并输入电脑，本期采样区间为20天，从控制图可以看出，氧化层厚度生长工艺处于统计受状态，工艺控制比较稳定，氧化层厚度比较均匀。

图5示出了XXXX年4月1日至XXXX年5月20日 Pre Gate Oxide控制图，由图可以看出，氧化硅薄膜生长工艺处于统计受状态，工艺控制比较稳定，技术参数较好地满足了设计要求。

图6示出了XXXX年5月10日至XXXX年5月20日 Poly Mask Final CD控制图，其中一批CD值大于控制上限，以此做依据，工艺部门及时对CD值偏大原因进行分析，随后采取相应措施，数据很快恢复正常值。

图7示出了XXXX年至XXXX年X月加工厂每月成品芯片产品总数和不合格品率分布图，由图可以看出，不合格品率与产量没有必然关系。

本公司CAM系统和SPC子系统运行了3年多的时间，实现月产10000余片，同时对在线几十个品种及30000余片在制品实现了有效管理，提高了生产效率和管理水平，增强了企业竞争力。但是，在使用SPC控制图的过程中，我们仍感到，若想准确及时掌握生产工艺运行情况，还须注意如下几个问题：

(1) 输入计算机的数据必须及时真实可靠，不得进行人为筛选；

(2) 在数据波动比较大时，注意分析原材料，设备和环境等因素，避免

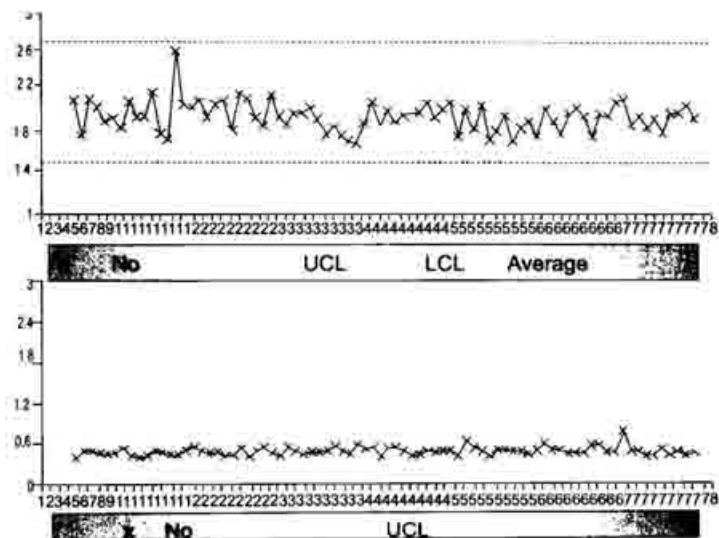


图6 Poly Mask Final CD控制图

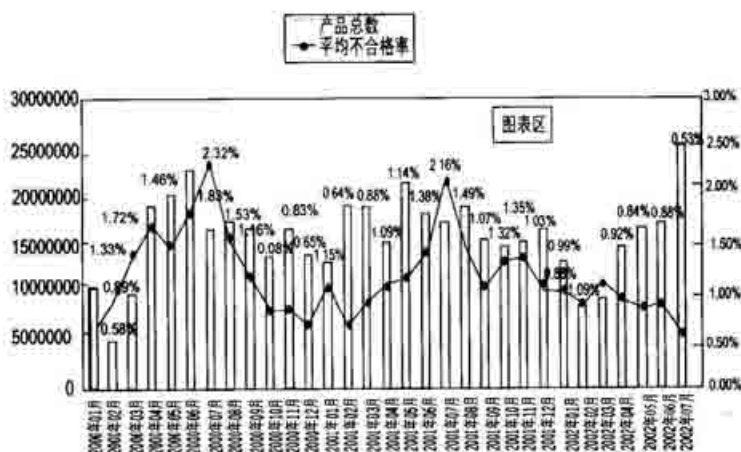


图7 每月成品芯片产品总数和不合格品率分布图

盲目改变工艺条件, 以免出现浪费;

(3) 利用其他模型绘制多变量控制图和缺陷团控制图, 进一步分析实验结果, 将对保证工艺始终处于统计控制状态起到更加积极的作用。

### 3. 结论

SPC技术可以定量评价工艺是否处于统计受控状态, SPC技术核心是控制图, 按用途不同可将控制图分为两类, 一类是用于分析生产过程是否处于统计受控状态, 另一类是当工艺过程处于稳定控制时, 只要将分析用控制图的控制时限延长, 则可转化为控制用控制图, 以用于分析工艺过程是否维持统计受控。

一般情况下, 需要积累多余 25 批数据才能进行 SPC 分析, 每批数据最好不少于 5 个, 在日常生产中, 应保持数据采集的连续性, 并对每批数据进行 SPC 分析, 控制图反映的过程可能有好的异常, 也可能有坏的异常, 而这些异常都说明工艺过程发生了变化, 均应进行质量分析, 采取措施, 直到确认工艺过程又处于统计受控状态。◆