

SPC 技术在声体波器件生产过程的应用

胡 瑛,朱昌安,晏秋娟,周 勇,吴 燕,王 栋

(中国电子科技集团公司第26研究所,重庆 400060)

摘 要:针对高品质声体波微波(MBAW)器件的批量生产问题,研究了 MBAW 器件平面工艺路线的生产流程,选择蒸发底电极、溅射氧化锌、蒸发上电极及超声键合4个工序,应用统计过程控制(SPC)技术实施控制,确保 MBAW 器件在稳定受控状态下生产。本项应用不仅使这4个工序的工序能力指数(Cpk)得到提升,且 MBAW 器件的性能一致性和可靠性也得到明显提高,结果表明,几年来生产的 MBAW 器件没有再出现使用过程因质量问题的返退。

关键词:声体波器件;可靠性;统计过程控制(SPC);工序能力指数(Cpk)

中图分类号:TN12

文献标识码:A

Application of the Statistic Process Control Technique to Production Procedure of BAW Devices

HU Ying, ZHU Chang'an, YAN Qiujuan, ZHOU Yong, WU Yan, WANG Dong

(26 th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract: Aiming at the problems of the batch production of microwave bulk acoustic wave (MBAW) devices with high quality, the production flow of the planar process route of MBAW devices has been studied. The statistic process control (SPC) technique has been applied to control the selected four processes of the bottom electrode evaporation, ZnO sputtering, upper electrodes evaporation and ultrasonic bonding to ensure that the MBAW devices can be produced under the stably controlled state. This technique can not only improve the process capability index (Cpk) of the four processes, but also improve the performance consistency and reliabilities of MBAW devices. The results show that there are no returns of MBAW devices due to quality problems during recent years.

Key words: BAW device; reliability; statistic process control (SPC); process capability index (Cpk)

0 引言

高品质声体波微波(MBAW)器件是一种基于压电效应实现的微波信号处理器件,具有体积小,质量轻,固态化及高可靠等特点,是系统微波信号射频延时、存储等关键信号的处理器件^[1]。随着 MBAW 器件在雷达、电子对抗等电子系统中越来越广泛的应用,其完全基于人工机械经验实现的传统生产工艺越来越难以满足系统要求,MBAW 器件批生产的产能低,性能一致性和可靠性差的问题越来越突出。近年来,随着 MBAW 器件设计、工艺技术的进步,使 MBAW 器件批量制造工艺突破成为可能。中国电子科技集团公司第二十六研究所开发了一种基于平面刻蚀的 MBAW 器件制造新技术^[2],该技术包

括平面器件设计结构、平面换能器制作工艺、超声压焊工艺应用等新技术构成的全新平面工艺路线,成功克服了 MBAW 器件传统制造工艺中不受控的手工制作,为器件的电性能、批产能力及可靠性等的提高奠定了关键技术基础。

然而,MBAW 器件的批量生产,仅依靠先进的生产设备是不够的,还需要优化工艺控制管理,使生产过程稳定受控,才能确保高效、持续批量生产出高品质的 MBAW 器件。因此,在采用了全新的平面工艺路线后,高品质的 MBAW 器件批量生产的稳定受控,就成一个突出的问题。为此,本文针对高品质 MBAW 器件的批量生产问题,研究了 MBAW 器件平面工艺路线的生产流程,选择蒸发底电极、溅射氧化锌、蒸发上电极、超声键合4个工序,应用统计

收稿日期:2013-04-18

作者简介:胡瑛(1960-),女,河南开封人,高级工程师,主要从事质量可靠性的研究。

过程控制(SPC)技术实施控制,确保 MBAW 器件在稳定受控状态下生产。本项应用不仅使这 4 个工序的工序能力指数(Cpk)得到提升,而且 MBAW 器件的性能一致性和可靠性也得到明显提高,几年来生产的 MBAW 器件没有再出现使用过程因质量问题的返退,为 MBAW 器件可靠性提高奠定技术基础。

1 分析工艺流程确定如何应用 SPC 技术

1.1 器件平面工艺概述

MBAW 器件新制造工艺与传统工艺的最大区别在于新的器件制造工艺实现了平面化,使用了成熟的集成电路平面制造技术。器件新制造平面工艺流程如图 1 所示。

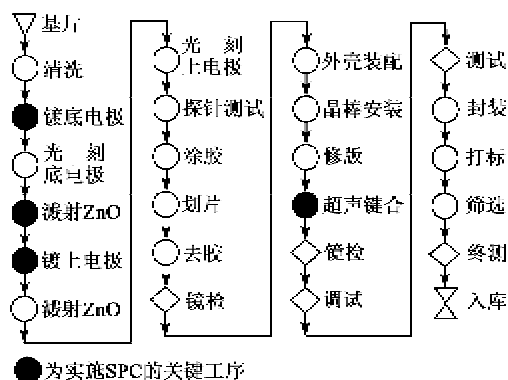


图 1 MBAW 器件制造新工艺流程

1.2 SPC 技术应用概述

SPC 是一种统计控制技术,其本质是利用样本的统计信息来判断过程状况,采取措施减少异常因

素对过程的影响,以提高过程的效能^[4]。应用 SPC 技术必须首先确定实施 SPC 技术的关键过程节点,确定能定量表征关键过程节点特性和状态的相应关键工艺参数。确定了关键工序和关键工艺参数后,还须选择适宜的测量设备、确定工艺参数采集方法进行工艺参数数据采集。然后,对采集到的工艺参数数据,选择和使用适当的控制图类型绘制分析用控制图,进行工艺受控状态的定量分析,确定工艺过程是否处于统计受控状态、工序能力是否满足要求。当确认过程受控且工序能力满足要求后,将分析用控制图转化为控制用控制图,利用控制用控制图进行工艺过程的实时控制。

1.3 实施 SPC 的关键工序及其工艺参数采集规定

按照 GJB3014-1997《电子元器件统计过程控制体系》对关键过程节点的定义和确定原则、方法^[4],研究和分析整个工艺流程,工艺流程中蒸发底电极、溅射氧化锌、蒸发上电极、超声键合工序,对产品特性、质量、可靠性有重大影响(重要性),且具有可测量的输入和输出,能保持“连续运转”提供 SPC 分析所需的数据(适宜性),这 4 个工序作为实施 SPC 的工序。考虑到底电极、氧化锌、上电极膜层的厚度和引线键合强度,既能全面反映本工序的特性和状态又便于采集^[5],因此确定为关键工艺参数。工艺参数采集规定如表 1 所示。膜厚工艺参数采集点的位置分布如图 2 所示。超声键合工艺参数采集点的位置分布如图 3 所示。每批中任抽 1 只器件中的 5 根键合引线的任意一端。

表 1 各关键工序实施 SPC 工艺参数的采集规定

关键工序	工艺参数	分析用控制图		分析用及控制用控制图		
		数据测试个数	采集批数	采集频次	采集样品数	每次采集数
蒸发底电极	底电极厚度	100	20	每加工批	1 片	5
溅射氧化锌	氧化锌厚度	100	20	每加工批	1 片	5
蒸发上电极	上电极厚度	100	20	每加工批	1 片	5
超声键合	键合强度	100	20	每加工批	1 只	5

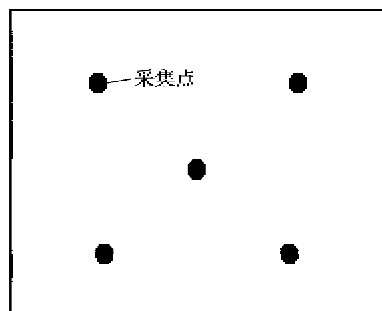


图 2 膜厚工艺结果参数采集点示意图

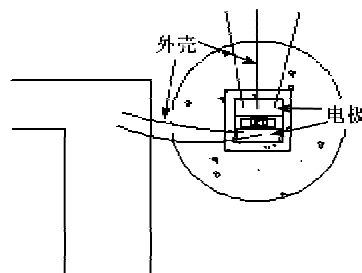


图 3 超声键合的键合强度数据采集点示意图

1.4 各工序的SPC控制图

利用 InfinityQS ProFicient SPC 软件绘制 4 个工序的控制图,进行生产过程的控制管理。由于底电极、氧化锌、上电极膜层厚度数据具有“嵌套性”,选用 3D 控制图(单值-移动极差-内部极差)为膜层厚度的控制图。键合强度数据服从“正态、独立、同分布”的条件要求,选择 GB4091-1983《常规控制图》[6]中的均值-极差(X-R)控制图。

2 各工序 SPC 技术的实际应用

2.1 绘制 SPC 分析用控制图及工序 Cpk 摸底

按照 SPC 技术实施流程的要求^[1],对各工序分别采集数据、绘制分析用控制图、分析受控状态。确认各工序处于受控状态后,计算其 Cpk,得到 Cpk 摸底值;根据分析用控制图,计算并得到控制用控制图的控制限,各工序建立的 SPC 控制图及其 Cpk 情况如表 2 所示。

表 2 SPC 分析用控制图及工序 Cpk

	底电极 工序	氧化锌 溅射工序	上电极 工序	超声键 合工序
规范限	(120.0± 8)nm	(620.0± 75.5)nm	(120.0± 6)nm	≥5 g
控制图	见图 4	见图 5	见图 6	见图 7
控制限	见表 3	见表 4	见表 5	见表 6
Cpk 摸底值	1.421	1.020	1.387	0.690
Cpk 目标	保持	提高 10%	保持	提高 10%

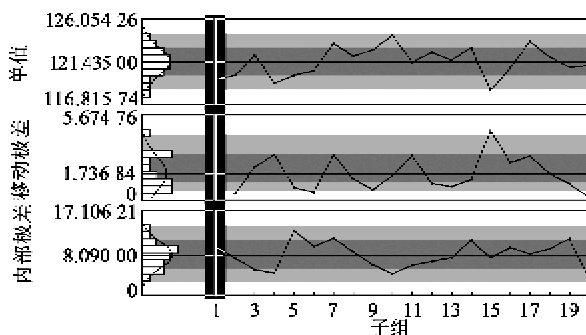


图 4 底电极工序分析用控制图

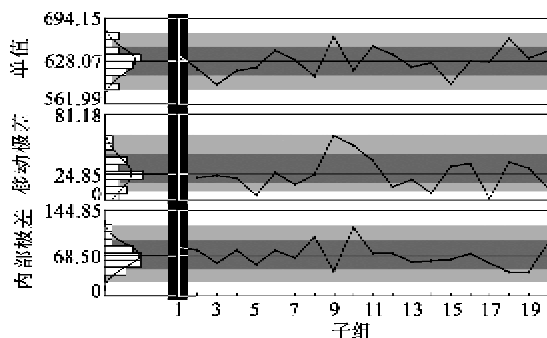


图 5 氧化锌溅射工序分析用控制图

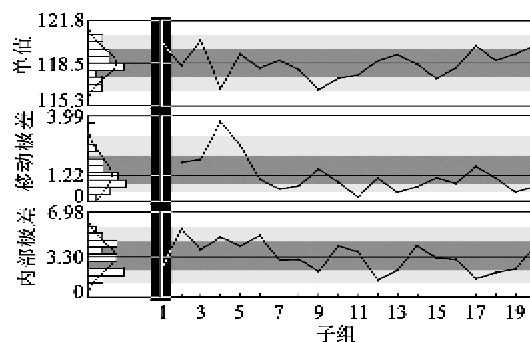


图 6 上电极工序分析用控制图

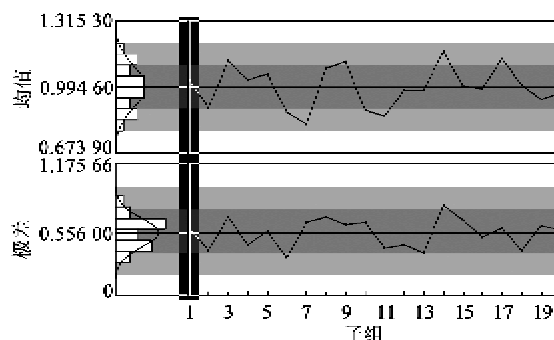


图 7 超声键合工序分析用控制图

表 3 底电极工序控制限

控制图类型	控制限/nm
单 值	116.815 74~126.054 26
移动极差	0~5.674 76
极差(内部)	0~17.106 21

表 4 氧化锌溅射工序控制用控制图的控制限

控制图类型	控制限/nm
单 值	561.99~694.15
移动极差	0~81.18
极差(内部)	0~144.85

表 5 上电极工序控制用控制图的控制限

控制图类型	控制限/nm
单 值	115.3~121.8
移动极差	0~3.99
极 差	0~6.98

表 6 超声键合工序控制用控制图的控制限

控制图类型	控制限/g
均 值	6.739 0~13.153 0
极 差	0~11.756 6

2.2 使用 SPC 控制用控制图及改进

在 MBAW 器件批量生产过程中,使用 SPC 控制用控制图进行监控;分析工艺过程是否继续维持统计受控状态;当控制用控制图报警,报告工艺过程处于失控状态时,按质量相关工具和要求进行分析、

采取措施予以消除,使工艺过程重新进入新的统计受控状态;当重新分析并确认工艺过程处于统计受控状态后,再次将分析用控制图转化为控制用控制图,重新开始工艺过程监控。

图 8~11 为使用控制图进行监控,得到的各工序 SPC 控制图。在实施 SPC 过程中,各工序均出现过失控状态,全部都进行了分析和改进。如镀底电极工序采集第 31 批数据第 2 个底电极膜厚测试数据为 108.6 nm,低于镀底电极工序公差限要求最小值 112.0 nm。溅射氧化锌工序采集第 22 批数据内部级差为 150.20 nm,大于内部级差控制图的上限 144.85 nm。上电极工序采集第 26 批数据极差为 18.60 nm,远高于极差上控制限 10.202 41 nm;从均值控制图可以看出,该批第 4 个上电极膜厚测试数据为 140.5 nm 高于镀上电极工序公差限要求最大值 126.0 nm。超声键合工序采集第 28 批数据的第 1 个拉力值 3.5 g,远低于超声键合工序要求的最小值 5 g。这些数据加入到相应的控制图中,控制图发出报警,按各工序 SPC 实施细则的规定进行失控分析和处理,分别采取了相应的纠正和预防措施。

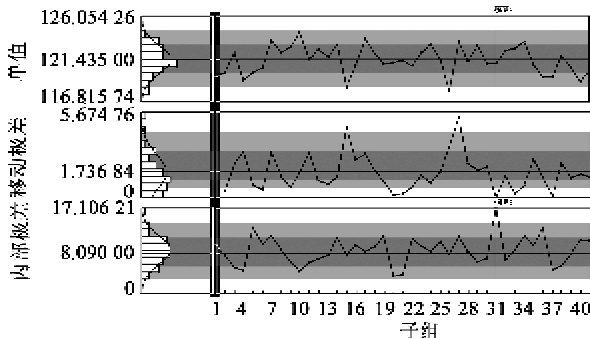


图 8 底电极工序 SPC 控制用控制图

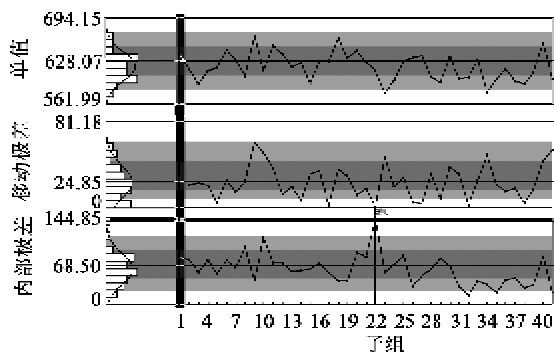


图 9 氧化锌溅射工序 SPC 控制用控制图

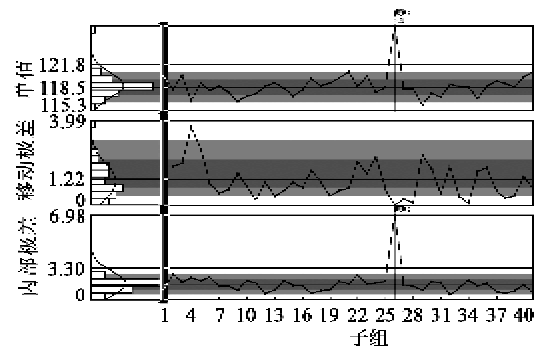


图 10 上电极工序 SPC 控制用控制图

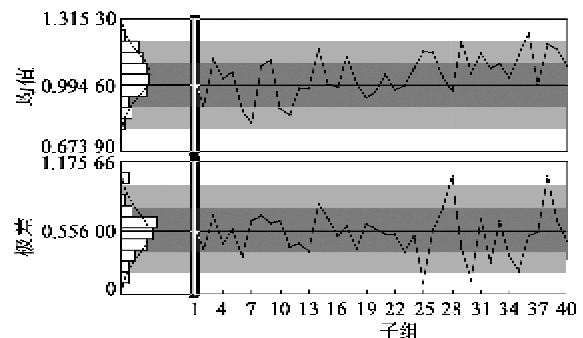


图 11 超声键合工序 SPC 控制用控制图

3 SPC 技术应用的效果

针对批产 MBAW 器件的平面工艺实施 SPC 后,器件的可靠性、生产的稳定性等得到明显改善,器件关键工序 Cpk 得到不同程度的提升。实施 SPC 前后 Cpk 对比如表 7 所示。

表 7 实施 SPC 前后 Cpk 对比

关键工序	目标值	摸底值	实施后	变化对比/%
镀底电极	保持	1.421	1.493	↑ 5.07
溅射氧化锌	提高 13%	1.020	1.149	↑ 12.65
镀上电极	保持	1.387	1.498	↑ 8.00
超声键合	提高 13%	0.690	0.809	↑ 17.25

4 结束语

本文针对高品质 MBAW 器件的批量生产问题,研究了 MBAW 器件平面工艺路线的生产流程,选择生产流程中蒸发底电极、溅射氧化锌、蒸发上电极、超声键合 4 个工序,应用 SPC 技术实施控制,确保 MBAW 器件在稳定受控状态下生产。本项应用不仅使这 4 个工序的 Cpk 得到提升,且 MBAW 器件的性能一致性和可靠性也得到明显提高,几年来生产的 MBAW 器件没有再出现使用过程因质量问题的返退。SPC 技术在 MBAW 器件制造新工艺的成功应用,对推进 MBAW 器件的可靠性研究和提高 MBAW 器件可靠性具有重要意义。

(下转第 477 页)