การปรับปรุงกระบวนการในการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด โดยใช้แนวทางของซิกซ์ซิกมา

นางสาวอัจฉรียา รักมิตร

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-170-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19423780

IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF MONITORING TESTER PERFORMANCE BY APPLYING THE SIX SIGMA METHOD

Ms. Achareeya Rakmitr

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Engineering Management

The Regional Centre for Manufacturing Systems Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-170-1

Thesis Title	IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF MONITORING TESTER PERFORMANCE BY APPLYING THE SIX SIGMA METHOD
By	Ms. Achareeya Rakmitr
Department	The Regional Centre for Manufacturing Systems Engineering
Thesis Advisor	Assist.Prof. Dr. Parames Chutima
Thesis Co-advisor	Mr. Sombat Pongtirasuwan

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

..... Dean of Faculty of Engineering

(Professor Somsak Panyakeow, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman

(Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D.)

..... Thesis Advisor

(Assistant Professor Parames Chutima, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor

(Mr. Sombat Pongtirasuwan)

..... Member

(Assistant Professor Jerapat Ngaprasertwong)

อัจฉรียา รักมิตร: การปรับปรุงกระบวนการในการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดโดยใช้แนวทางของซิกซ์ซิกมา (IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF MONITORING TESTER PERFORMANCE BY APPLYING THE SIX SIGMA METHOD) อ.ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. ปารเมศ ชุติมา, อ.ที่ปรึกษาร่วม: คุณ สมบัติ พงษ์ถิระสุวรรณ; 190 หน้า. ISBN 974-346-170-1.

ในวิทยานิพนธ์นี้ กระบวนการในการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด ถูกพัฒนาโดยใช้ข้อมูลการวัดจากการผลิต เพื่อที่จะแทนที่กระบวนการปัจจุบัน ซึ่งเป็นการใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน 3 ชิ้น วัดบนเครื่องมือวัดที่ต้องการจะตรวจสอบ การดำเนินการได้ใช้แนวทางของซิกซ์ซิกม่า ซึ่งมีเทคนิคและเครื่องมือที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงอย่างมีประสิทธิภาพ

กระบวนการปัจจุบันที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด มีประสิทธิผลในการตรวจจับต่ำ ซึ่งเห็นได้จากการที่เครื่องมือวัดต้องถูกปิดเพื่อรับการแก้ไขโดยไม่จำเป็น เมื่อมีการแสดงว่า SPC นั้นอยู่นอกการควบคุม ซึ่งสาเหตุของการอยู่นอกการควบคุมนั้น ส่วนใหญ่มาจากชิ้นส่วนมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ จึงเห็นประสิทธิผลแค่ 30% ซึ่งได้มาจากระบบการวัด

จึงได้นำข้อมูลการวัดจากการผลิตมาใช้เพื่อที่จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว กระบวนการในการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดถูกเปลี่ยนไปใช้ระบบใหม่ โดยใช้ซิกซ์ซิกมาเป็นแนวทางเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

ในการใช้ซิกซ์ซิกมานั้น ในช่วงของการวัด ปัญหาและสาเหตุถูกบ่งชี้อย่างละเอียดโดยใช้แผนภูมิก้างปลา แผนภูมิพาเรโต้ และ FMEA ซึ่งปัญหาถูกพบมาจากการเสื่อมถอยของชิ้นส่วนมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ เป็นผลให้ชิ้นส่วนนั้นให้ค่าที่ซ้ำน้อย นอกจากนี้ข้อด้อยอื่นของการใช้กระบวนการปัจจุบันยังถูกบ่งชี้ด้วย ตัวอย่างเช่น การขึ้นอยู่การชิ้นงานที่น้อยเกินไป และการขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการปฏิบัติงานและการวิเคราะห์ สำหรับช่วงการวิเคราะห์นั้น ข้อมูลการวัดจากการผลิตถูกวิเคราะห์เพื่อดูความสัมพันธ์ของ wafer quad ที่เหมือนกัน ซึ่งพบว่า ชิ้นส่วนที่สร้างจาก wafer quad เดียวกัน มีความสัมพันธ์ที่ขึ้นต่อกัน (correlation) ซึ่งให้ความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นในช่วงการปรับปรุงความสัมพันธ์ของ wafer quad เดียวกัน จึงถูกใช้ในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่อยู่นอกการควบคุมบน SPC ซึ่งเมื่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดตัวเดียวกัน ณ เวลาต่างกัน เครื่องมือวัดตัวอื่นๆ ณ เวลาเดียวกัน หรือเครื่องมือวัดตัวอื่นๆ ณ เวลาต่างกัน บนพื้นฐานของ wafer quad เดียวกัน เครื่องมือวัดตัวนั้นๆจะถูกพิจารณาเพื่อที่จะจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้น ผลของการวิเคราะห์ดังกล่าวได้ถูกแสดงไว้บนเวบไซด์ภายในของบริษัท ซึ่งจัดเตรียมข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด ท้ายที่สุดเป็นช่วงของการควบคุม ซึ่งถูกดำเนินการโดย การทบทวนระบบเป็นระยะๆ การศึกษารายงานประจำสัปดาห์ การติดตามผลการปฏิบัติการ การดำเนินการตามแผนการควบคุม และอื่นๆ

เนื่องจากว่าระบบใหม่ถูกใช้เพื่อการควบคุมประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด จึงได้ประโยชน์มากมาย ซึ่งก็คือ การประหยัดจากการที่ชิ้นส่วนผ่านการวัดมากขึ้น การลดเวลาเสียของเครื่องมือวัด การที่ความเสี่ยงของลูกค้าลดลง การลดลงของต้นทุน เช่น ต้นทุนของชิ้นส่วนมาตรฐาน ต้นทุนของการสร้างชิ้นส่วนมาตรฐาน และ ต้นทุนการปฏิบัติงานโดยพนักงาน ยิ่งกว่านั้น วิธีการใหม่นี้ยังส่งผลให้บรรลุวัตถุประสงค์โดยเพิ่มประสิทธิผลในการตรวจจับประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดถึง 78%

ภาควิชา ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม .....

4171639021: MAJOR ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD: Tester Condition Monitoring / Tester Monitoring Process / Tester Performance / Six Sigma

ACHAREEYA RAKMITR: IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF MONITORING TESTER PERFORMANCE BY APPLYING THE SIX SIGMA METHOD. THESIS ADVISOR: ASSIST.PROF. DR. PARAMES CHUTIMA. THESIS CO-ADVISOR: MR. SOMBAT PONGTIRASUWAN. 190 pp. ISBN 974-346-170-1.

In this thesis, a process of monitoring tester performance is developed by using manufacturing tested data to replace the current process that is running three standard parts across a group of testers. Six sigma method is used as a guideline to provide techniques and tools to help the thesis accomplish effectively.

The current process of monitoring tester performance has low effectiveness in detecting tester performance. Tester availability loses due to unnecessary corrective actions when out of control of SPC is indicated. Frequent causes of out of control condition that indicates tester problem occurred are mostly from standard parts used. Only 30% that witnesses effectiveness was from the testing system.

To overcome the problem occurred, manufacturing tested data is used. The process of monitoring is changed by using the new system that six sigma is followed to reach the objective of the thesis.

By using six sigma, the problems and causes are elaborately identified by cause and effect diagram, Pareto diagram, and FMEA in measurement phase. Problems are found from part degradation causing low repeatability of part's performance. Other disadvantages of using the current process are also identified. For example, measurement is only based on three standard parts, and operators are lack of understanding in monitoring process. Then, in analysis phase, manufacturing tested data is analysed for its same wafer quad relation. It is found that parts made of same wafer quad have performance correlation that provides no significantly difference in means of the populations. Therefore, in improvement phase same wafer quad relation has been used to detect the shift of out of control on SPC. When that shift causes significant difference in means based on same wafer quads matching comparing to same tester at different time, different testers at same time, or different testers at different time, tester is considered to be taken the actions for the problems occurred. This analysis is shown on the company's internal webside which provides the information for making decision about tester performance. Finally, control phase is implemented by periodically reviewing the system, studying weekly report, following up the actions taken, implementing the control plan, and so on.

Since the new system has been used for tester condition monitoring, a lot of benefits could be obtained that are saving from yield improved, decrease of tester downtime, lower consumer's risks, cost reduction such as cost of standard parts, cost of generating standard parts, cost of performing by operators. Furthermore, the objective is met by increasing the effectiveness in detecting tester performance up to 78%.

ภาควิชา....ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....การจัดการทางวิศวกรรม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2543..... ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม.....

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to express her deepest gratitude to her advisor, Assist.Prof. Dr. Parames Chutima, for his invaluable guidance, continuous advice, encouragement, and constant support throughout this thesis. Great appreciation is also to Mr. Sombat Pongtirasuwan, Test Engineering Manager and Six Sigma Blackbelt of Seagate Technology (Thailand) Ltd., who has been giving constructive comments, helpful suggestions, and all relevant data throughout this study. Constantly supports have been provided to help the author accomplish on this thesis.

Grateful thanks are also conveyed to the rest of thesis committees, Prof. Dr. Sirichan Tongprasert and Assist.Prof. Jerapat Ngaprasertwong for their useful comments and extensive supports.

The author is indebted to kind generosity of Seagate Technology, Inc. for allowing her to conduct the study on the company. Special thanks are also to Mr. Roong Sivaratana, Test Engineering Director, for his helps and suggestions. Without him, this thesis would have never been accomplished. These thanks are also to Mr. Kridsada Pornpitakpong, Ms. Walailuck Sasawatviboon, and other Seagate colleagues for their kind assistance and good cooperation during extensive data gathering that is useful information for the input of this thesis.

Finally, the author would like to thank to her beloved parents, all family members, and friends for their moral support and great inspiration which encouraged her to pursue this study successfully.

TABLE OF CONTENTS

		Page
Abstract (Thai)		iv
Abstract (English)		v
Acknowledgement		vi
Table of Contents		vii
List of Figures		x
List of Tables		xi
Chapter 1	**Introduction**	**1**
	1.1 Background	1
	1.2 Statement of Problems	4
	1.3 Objective of the Thesis	6
	1.4 Scope and Limitations	6
	1.5 Organisation of the Thesis	7
	1.6 Thesis Schedule	8
	1.7 Expected Benefits	9
Chapter 2	**Theory and Literature Surveys**	**10**
	2.1 Introduction	10
	2.2 Measurement System	10
	2.2.1 Measurements	10
	2.2.2 Calibration	12
	2.2.3 Measurement Process Control	13
	2.3 Six Sigma	14
	2.4 Statistical Approach	21
	2.4.1 Statistical Process Control (SPC) and Control Charts	22
	2.4.2 Power of Test	33
	2.4.3 Regression and Correlation	34
	2.4.4 Inferential Statistical Analysis	38
	2.4.5 Analysis of Variance (ANOVA)	43
	2.5 Monitoring Machine Condition	47
	2.6 Conclusion	51

TABLE OF CONTENTS (Continued)

		Page
Chapter 3	**Existing System**	**52**
	3.1 Introduction	52
	3.2 Electrical Tester and Parameters	52
	3.2.1 Electrical Tester	52
	3.2.2 Parameters	53
	3.2.2.1 High Frequency Amplitude (HFA) and Low Frequency Amplitude (LFA)	53
	3.2.2.2 Overwrite (OVW)	55
	3.3 TSPC Process	56
	3.4 Testing Procedure	64
	3.5 Secondary Standard Generation Process	67
	3.6 Correlation Procedure	69
	3.7 Conclusion	75
Chapter 4	**Methodology**	**76**
	4.1 Introduction	76
	4.2 Measurement Phase	76
	4.3 Analysis Phase	83
	4.4 Improvement Phase	94
	4.5 Control Phase	122
	4.6 Conclusion	124
Chapter 5	**Results of Improved Process**	**126**
	5.1 Introduction	126
	5.2 Comparisons of the Results	126
	5.2.1 Effectiveness	126
	5.2.2 Saving by Yield Improvement	129
	5.2.3 Errors from Power of Test	130
	5.2.4 Tester Downtime	132
	5.2.5 TSPC Part Usage and Cost of IAT Arms	133
	5.2.6 Other Costs	134
	5.3 Conclusion	135

TABLE OF CONTENTS (Continued)

		Page
Chapter 6	**Conclusions and Recommendations**	**136**
	6.1 Conclusions	136
	6.2 Recommendations for Improvement	140
	6.3 Recommendations for Further Study	144
References		147
Appendices		151
Appendix A	Head Gimbal Assembly	152
Appendix B	Electrical Tester	154
Appendix C	Process of Performing TSPC	156
Appendix D	Media / Disc	158
Appendix E	Corrective Action Instruction for TTOs	159
Appendix F	Tester Troubleshooting Guide	162
Appendix G	Handling Factoring Parts and TSPC Parts	164
Appendix H	TSPC Corrective Action Code	165
Appendix I	Repeatability	166
Appendix J	Gage R&R	167
Appendix K	Raw Data of Same Wafer Quad Analysis for LFA	170
Appendix L	Raw Data of Same Wafer Quad Analysis for OVW	173
Appendix M	Raw Data of Normality Test for LFA	177
Appendix N	Raw Data of Normality Test for OVW	178
Appendix O	Raw Data of Hypothesis Testing When SPC is In Control	179
Appendix P	Raw Data of Hypothesis Testing When SPC is Out of Control	182
Appendix Q	Raw Data of 2-Way ANOVA for LFA	188
Appendix R	Raw Data of 2-Way ANOVA for LFA	189
Biography		190

LIST OF FIGURES

		Page
Figure 1.1	Example of the results and control chart from performing TSPC..	3
Figure 1.2	Process map of TSPC.....	4
Figure 1.3	Pareto diagram of out of control causes.....	5
Figure 2.1	Tractability of measurements to the National Institute of Standards and Technology (NIST).....	13
Figure 2.2	Flow diagram of Six Sigma roadmap.....	17
Figure 2.3	Logical flow for selecting a control chart.....	27
Figure 2.4	Operating-characteristic curves for two-sided normal test with $\alpha = 0.05$.....	33
Figure 3.1	The flow diagram of calculating the final delta.....	62
Figure 3.2	Hierarchy of standard generation process.....	67
Figure 3.3	Process flow of secondary standard generation.....	69
Figure 3.4	Repeatability procedure.....	72
Figure 3.5	Tester correlation procedure.....	74
Figure 4.1	Process map of TSPC.....	78
Figure 4.2	Cause and effect diagram of out of control root causes.....	79
Figure 4.3	Pareto diagram of out of control causes.....	80
Figure 4.4	X-bar chart shown out of control points of tester.....	84
Figure 4.5	Hypothesis testing roadmap.....	90
Figure 4.6	Normality test for LFA.....	97
Figure 4.7	Normality test for OVW.....	98
Figure 4.8	Location page.....	112
Figure 4.9	Graph page.....	113
Figure 4.10	Wafer analysis page.....	115
Figure 4.11	Report all tester page.....	116
Figure 4.12	Delta yield graph.....	118
Figure 4.13	Flow diagram of new methodology to monitor tester performance.....	120
Figure 5.1	The comparison of detection capability of TSPC and new process of monitoring tester performance.....	129

LIST OF TABLES

		Page
Table 1.1	Thesis schedule.....	8
Table 2.1	Control phase of "0% HFM and LFM out of control in TSPC ".....	20
Table 2.2	Factors used when constructing control charts.....	31
Table 3.1	Covariance criteria for secondary standard generation process.....	68
Table 3.2	Repeatability requirements.....	71
Table 4.1	The causes of out of control events.....	80
Table 4.2	Failure Modes and Effect Analysis (FMEA).....	82
Table 4.3	Relationships between out of control / in control and hypothesis testing results on LFA.....	110
Table 4.4	Control plan.....	124
Table 5.1	List of testers taken actions.....	127
Table 5.2	Days in week35, week36, week37, and week38.....	128
Table 5.3	Saving by yield improvement.....	130
Table 5.4	Tester downtime when performing TSPC on traditional process and when using manufacturing tested data instead of routine TSPC.....	133
Table 5.5	TSPC part usage when performing TSPC on traditional process and when using manufacturing tested data instead of routine TSPC.....	134
Table 6.1	Statistical tools and techniques based on six sigma method.....	138