

# 半導体生産管理システムの現状と展望

200520877 太田大輔

200520894 津久井英樹

200520905 綿引智美

経営・政策科学専攻

指導教員

有馬澄佳 講師

筑波大学大学院博士課程システム情報工学研究科

修士（ビジネス）特定課題研究報告書

平成 19 年 1 月

## 要旨

日本半導体産業の競争力回復の方策を探るため、半導体デバイスメーカーの競争力を分析し、その生産管理システムの実態調査を行った。現代の半導体デバイスメーカーの業態分化が、必要な設備投資額、扱う製品種と生産量の違いもたらし、結果として業態の違いが収益性の差に表れている。日本半導体デバイスメーカーは多品種少量生産のシステム LSI に注力していることから、収益性向上には生産管理での高度な情報化の進展による生産効率化が必要であろう。

また、半導体装置管理システムが半導体業界に普及しない理由、普及における問題点を明らかにするため、資料調査とデバイス・装置メーカー対象に装置管理システムに関するアンケート調査を行った。調査の結果、業界に普及しない理由としてデバイスメーカーの装置管理に対する目的の不明確性、装置データ共有をデバイスメーカーが好ましく思っていないこと、装置管理システムの費用負担を装置メーカーが不満に感じていることが明らかになった。

そして最後に、半導体製造装置の管理技術のひとつとして多変量データの解析手法である MT 法の応用を提案する。まず、半導体産業の現状から多変量データの解析を製造装置の管理技術として応用すべきであることを指摘した。半導体製造装置の状態分析を解析の目的とし、半導体半製品の品質データ、および半導体製造装置の状態データに多変量解析手法(主に MT(Mahalanobis-Taguchi; マハラノビス-タグチ)法)を適用し、半導体の品質及び製造装置の状態に関する分析を試み、分析を通じて得た考察と課題を述べた。分析の結果と検証から MT 法による分析の有効性を示し、MT 法が製造装置の管理技術として可能性あるものとした。

## Abstract

In order to exploring the ways to revitalize stagnant semiconductor industry in Japan, we analyze foundation of competitiveness for semiconductor manufacturers and survey on manufacturing management systems. The segmentation in modern semiconductor industry results in the difference of the amount of investment in facility, the degree of product mix, and the production volume by business domain, which leads to the difference of profitability of semiconductor manufacturers. Since the Japanese manufacturers concentrate their resources on producing high-mix low-volume System LSI, in order to improve the profitability, the more advancement of information systems in manufacturing management is required.

From the survey we conducted on the fact and prospect of the introduction of equipment management systems, we revealed the obstruction on equipment management. For device manufacturers technological development is the point. And for equipment supplier monetary burden is the point. About data sharing it is necessary that interfaces for data sharing without any leakage of classified information or establishment of disinterested party like foreign suppliers implementing. According to the suppliers' opinion concerning the cost of equipment management, running costs after the installation of equipments should be considered.

In the end, it is proposed that the application of MT (Mahalanobis-Taguchi) method as an option of equipment control techniques of semiconductor manufacturing equipments. First, the significance of this proposal is mentioned in light of present situation of the semiconductor industry. Setting the diagnostics of the equipment state for the purpose of analysis, MT method is applied to the data concerning the products' quality state and the equipments' state. Then, after making the discussion about the achievements and problems, it is delivered that the application of MT as an equipment control technique is potentially effective.

# はじめに

現在の半導体産業では、コンピュータや携帯電話の普及、家電のデジタル化などによって世界の市場規模が拡大する一方で、その生産において急速に複雑性と不確定性が増大してきている。それらは、ニーズの急速な変化や製品機能要求の多様化によってもたらされるもの、製造プロセスにおける工程数の増大や微細化技術の進展によるもの、高性能製造装置の導入や工場の大規模化による生産設備投資額の増大によるものなど、さまざまな要因によってもたらされている。そんななか、総合電機メーカから派生した日本の半導体デバイスメーカは 90 年代以降の市場シェアの低下と低利益率に悩まされており、その問題や原因をめぐる議論が活発になされている。

また、半導体産業において以前は製造装置をデバイスメーカが包括的に企業内部で製造していたが、プロセスが複雑化すると共にデバイスメーカと装置メーカは分離し、役割分担され別の企業となった。世界的に半導体産業が確立した 1970 年代当初は最も基本的な処理実行機能を備えるのみの装置であったが、製品や技術の多様化や製造プロセスの高度化に伴って半導体メーカから装置メーカに製造技術が移行する中、装置も自動化やレシピの管理や調整等の技術を組み込んだ形へと高度化し高額化していった。

それでも半導体の生産技術は、その設計段階や製造工程にかかわる人間が持つ経験や勘に依る部分が少なくないといわれる。それは、製品の品質や製造装置の状態の管理に関する部分である。従来の半導体製造現場においても、科学的な管理手法の適用がまったく行われていなかったわけではない。

本研究は半導体産業の生産管理システムに注目し、半導体デバイスメーカの競争力と生産管理システムの関係の研究および半導体製造における製造管理の現状の問題と今後の展望についての研究、半導体製造装置の管理技術のひとつとして多変量データの解析手法である MT 法の応用を提案するものである。

## 本報告書の構成

第 1 章「半導体デバイスメーカの競争力と生産管理システム」（担当：津久井英樹）では、現在の半導体デバイスメーカの競争力が何によってもたらされているのかを知るため、まず半導体産業を取り巻く環境の変化を分析し、その変化が半導体デバイスメーカにもたらしたものを明らかにする。次に国・地域によって違いが見られる半導体デバイスメーカの特徴と業態の違いによっ

て生まれる収益性の差を分析することで、業態の違いによって求められるものの違いを把握する。そして半導体デバイスメーカーの生産管理システムについての調査を行い現在の生産管理システムの取り組み状況、生産管理において抱える課題や希望、今後の生産管理システムのあり方について明らかにする。

第2章「半導体製造装置管理の現状と今後の進展」(担当：綿引智美)では、装置管理システムの導入に関する現状と今後の展望の調査について述べる。装置管理は半導体製造において重要な役割を持っており、今後の日本半導体産業の進展に向けて解決すべき問題点を明らかにし、対策を導き出す。半導体業界における生産管理システムの具体例を示すとともに、デバイスメーカー・装置メーカー両者の協力関係を築くに当たっての問題点を示す。

第3章「装置管理のためのMT法の応用」(担当：太田大輔)では、半導体製造装置の管理技術のひとつとして多変量データの解析手法であるMT法の応用を提案する。まず、半導体産業の現状から多変量解析の応用を製造装置の管理技術として活用すべきであることを指摘する。半導体製造装置の状態分析を解析の目的とし、半導体半製品の品質データ、および半導体製造装置の状態データに多変量解析手法(主にMT(Mahalanobis-Taguchi; マハラノビス-タグチ)法)を適用し、半導体の品質及び製造装置の状態に関する分析を試み、分析を通じて得た考察と課題を述べる。分析の結果と検証からMT法による分析の有効性を示し、MT法が製造装置の管理技術として可能性あるものとするを試みる。

終章「半導体生産管理システムの展望」では、全体の結論を述べた上で、今後の半導体生産管理システムのあり方を考察し結びとする。

# 目次

第1章	半導体デバイスメーカーの競争力と生産管理システム	1
1	はじめに	3
2	半導体産業における環境変化	5
2.1	半導体デバイスとは	5
2.2	半導体市場の動向	5
2.3	製品分類ごとの特徴	7
2.4	半導体産業のビジネスモデルの変化	9
3	半導体デバイスメーカーの競争力	11
3.1	各国・地域のデバイスメーカー	11
3.2	半導体デバイスメーカーの収益性	14
4	半導体製造における生産管理システム	18
4.1	半導体製造の特徴	18
4.2	生産管理システム	20
4.3	半導体生産管理システムの動向	23
5	おわりに	25
	参考文献	26
第2章	半導体製造装置管理の現状と今後の進展	28
1	はじめに	30
1.1	半導体産業における製造装置の役割	30
1.2	装置産業の変化	31
2	装置管理システムとは	33
2.1	装置管理システムの現状	34
3	事前調査でわかったこと	35
4	アンケート・インタビュー	37
4.1	装置管理システムの基本情報	37
4.2	装置管理の現状と理想	38
4.3	データ管理の現状と理想	40
4.4	データ共有における第三機関の必要性	40

4.5	研究・開発費の問題 .....	41
4.6	デバイスメーカー・装置メーカーの関係 .....	42
4.7	装置メーカーごとの装置管理システムへの取組みの違い .....	45
5	おわりに .....	47
	参考文献.....	49
第3章	装置管理のためのMT法の応用.....	50
1	はじめに .....	52
1.1	背景 .....	52
1.2	本章の目的.....	53
2	方法.....	54
2.1	分析対象のデータと問題 .....	54
2.2	解析手法 .....	55
2.3	適用方法 .....	64
3	結果.....	66
4	考察と課題.....	74
4.1	分析の目的に関して .....	74
4.2	解析結果に関して .....	74
4.3	本分析で用いたMT法の適用方法に関して .....	75
4.4	本分析で用いたMT法の学習精度の検証方法に関して .....	76
4.5	ヒアリングから 一組織間のデータのデッドロックと企業情報共有の問題ー .....	76
5	おわりに .....	79
	参考文献.....	81
終章	半導体生産管理システムの展望 .....	82