

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月22日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009年度～2011年度

課題番号：21760303

研究課題名（和文） QCDモデルに基づくマルチチャンバ装置および生産ラインの運用・設計方法

研究課題名（英文） The method based on QCD-model for planning and controlling a multi-chamber tool and a production network.

研究代表者

有馬 澄佳（ARIMA SUMIKA）

筑波大学・システム情報系・講師

研究者番号：60400644

研究成果の概要（和文）：

本研究では、半導体製造等の微細加工を要する製造装置・生産ラインの管理において、良品のスループットを最大化する工場内物流の管理方法と装置・生産ラインの設計方法を研究することを目的とした。ブロッキングを考慮した待ち行列とTOCを用いたマルチチャンバ装置内部の物流適正化方法を提案し実工場で応用された。また、品質保証時間を考慮して多品種生産の良品スループット向上と装置稼働率向上を同時に達成し設備総合効率を1.4倍以上向上する管理方法を考案した。

研究成果の概要（英文）：

in this research, I studied the method of planning and controlling production tools or a factory line for maximizing the throughput of quality products for nano-scale production in semiconductor manufacturing system. The optimal method of the manufacturing control inside a multi-chamber tool was proposed by applying queuing model with blocking and TOC (Theory of constraints), and it was applied to management at a real factory. Moreover, I created a management method which achieves simultaneously zero-rework, improvement in the throughput of quality products, the improvement in a tool utilization in product-mix production. As the result to apply the method to an actual semiconductor factory, overall equipment effectiveness (OEE) can be improved to 1.4 or more times.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	1,672,646	501,793	2,174,439
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	5,172,646	1,551,793	6,724,439

研究分野：システム工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、システム工学・生産システム工学

キーワード：システム工学, 数理工学

## 1. 研究開始当初の背景

装置の進化や搬送の自動化に伴って、工場全体のクリーン度を下げられるようになって

た半面で表層してきた以下の3つの問題がある。一つ目の問題は、マルチチャンバ装置の生産性を決める内部の物流管理ひいては

生産性重視の装置設計について、科学的な検討が十分になされていないことである。二つ目の問題点は、装置内部および生産ライン上で起こる待ち時間が製品品質や装置品質に与える影響が適切に生産スケジュールに反映されていないことである。三つ目の問題点は、装置内部の構成・挙動を統一的にモデル化・シミュレートできる共通のプラットフォームおよび手法が存在せず、装置メーカーと製品メーカーが共同で装置内の構成・動作を研究開発することや装置メーカー同士も資産を共有し合うことが困難なことである。

従来の工場では、設計された製造レシピ（加工の寸法や条件と時間等）を忠実に守ることによって製品の品質が確保でき、品質と納期とを独立に管理できた。ところが、微細な物理化学的加工を行う量産工場においては、それだけでは十分な生産性は確保できていない。装置の状態変化や工程内/工程間での滞在/待ち時間が品質に与える影響を考慮して設計・製造・運用に反映する仕組みが必要である。生産性重視の待ち時間の調整を含む生産スケジューリングは新しく未解決の課題で、また、商品の陳腐化の問題等まで広く適用の可能性をもつ。

## 2. 研究の目的

本研究では、今後の半導体製造をはじめとするナノスケール加工を行う製造装置および生産ラインの管理において、良品のスループット（以下、生産性と呼ぶ）を最大化する工場内物流の管理方法および装置や生産ラインの設計方法を研究する。また、これらを実用化するために、装置内部の構成と事象を装置種別によらずに汎用的にモデル化・シミュレートでき、装置メーカーと製品メーカーが共同で装置の設計・検収・実行管理を行うための統合的なソフトウェア/通信基盤

を研究開発する。

## 3. 研究の方法

本研究では、大きく分けて3つの研究課題：(1)マルチチャンバ装置の運用・構成方法、(2)生産ライン上の時間制約を考慮したスケジューリング方式、(3)装置管理システムの構築を掲げた。

### (1)マルチチャンバ装置の運用・構成方法

ブロッキングを考慮に入れたモデル化を行い、装置スループットを最大にし、且つ各チャンバチャンバ間での待ち時間をある上限以下に制御する仕掛品の投入方式・バッファ数と配置を検討する。搬送機の共有と役割の決定、搬送要求への割り付け方法を検討し組み込む。製品の処理単位はウエハとし、品種の混在状況を変えた場合の処理順序と各ロットのサイクルタイムの関係を調べる。最後に装置内部の構成の適正化も検討する。

### (2)生産ライン上の時間制約を考慮したスケジューリング方式

時間制約の構造を定義し、生産ライン上の各工程・各品種のロット分割(段取り)許容度/余裕時間配分ルールを決定する。全体の余裕時間の比率を変え、配分ルールの普遍的な特性を評価する。余裕時間の条件をつけて、多目的（納期遵守且つ段取り最小化）スケジューリングを実施する。時間制約を割った場合のペナルティを品質劣化関数（実工場のデータの統計解析結果又は物理化学的な時間特性等）として与え、QCDモデルを作る。研究時間が許せば、加えて、不良品発生による生産数量の追加/引当・割り込み処理の方法も検討する。

### (3)装置管理システムの構築

装置管理システムの全体は、設計システム、コモンシステム、および実行制御システムの3階層システムを想定する。設計および実行制御システムは、装置メーカーに既存のシステ

ムを指し、本研究の研究対象はコモンシステムである。このコモンシステムの用途は以下の2つがある：1)設計された装置の構成・動作を汎用的にモデル化し内部挙動をシミュレートして装置の設計改善・検収業務に活用する、2)生産実行システム(MES)のように、装置への実行命令の決定・送信、実行結果の報告の受信とモデル書き換え/再表示に使用する。この3階層システムの連携を5層モデル構造で考える。

#### 4. 研究成果

- (1) マルチチャンバ装置の運用・構成方法ブロックングを考慮した待ち行列と TOC を用いたマルチチャンバ装置内部の物流の適正化方法を提案し、実工場での管理に応用された。
- (2) 生産ライン上の時間制約を考慮したスケジューリング方式多品種生産において品質保証期限の遵守によるリワークゼロ化と、段取り低減や装置保全スケジュールの最適化による装置稼働率向上、スループットの向上などを同時に達成し設備総合効率(OEE)を向上する管理方法を考案した。実工場データを用いた性能評価結果で、OEEを1.4倍以上に向上できる結果を得た。
- (3) 装置管理システムの構築  
上記(1)(2)を実装する装置群管理システムを構想した。  
(1)～(3)の成果を、特許として出願した。  
詳細は、特許公開まで非公開とする。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

①S. ARIMA, U. Sumita, J. Yoshii,  
“DEVELOPMENT OF SEQUENTIAL ASSOCIATION RULES FOR PREVENTING MINOR-STOPPAGES IN SEMI-CONDUCTOR MANUFACTURING,”  
Proceedings of International conference on Operations Research and Enterprise Systems, pp. 1-8 (No. 29), Feb. 2012. 査読有。

②Sumika ARIMA, “Virtual Metrology-based Engineering Chain Management by Multi-classification of Quality using Support Vector Machine for Semiconductor Manufacturing,” International Journal of Industrial and Systems Engineering No. 8 Vol.1, Inderscience publisher, pp. 1-18, 2011. 査読有。

DOI: 10.1504/IJISE.2011.040763

③T. Sato, M. Honma, H. Itoh, N. Iriki, S. Kobayashi, S. Kuwabara, N. Miyazaki, H. Suzuki, N. Yoshioka, S. Arima, K. Kadota,  
“Organized DFM for Total Optimization in Semiconductor Manufacturing,”  
Proceedings of AEC/APC symposium Asia 2009, ISMI, FN-P-023, Nov. 2009. 査読有。

④T. Sato, M. Honma, H. Itoh, N. Iriki, S. Kobayashi, S. Kuwabara, N. Miyazaki, H. Suzuki, N. Yoshioka, S. Arima, K. Kadota,  
“Organized DFM,” Proceedings of Symposium on Photomask and NGL Mask Technology XVI (PMJ2009), The International Society for Optical Engineering, 7379-112, pp. 1-6, Apr. 2009. 査読有。

[学会発表] (計3件)

①S. ARIMA, U. Sumita, J. Yoshii,  
“DEVELOPMENT OF SEQUENTIAL ASSOCIATION RULES FOR PREVENTING MINOR-STOPPAGES IN SEMI-CONDUCTOR MANUFACTURING,”  
International conference on Operations Research and Enterprise Systems, pp. 1-8 (No. 29), Feb. 4-6<sup>th</sup>, 2012  
(開催場所 Algarve, Portugal).

②T. Sato, M. Honma, H. Itoh, N. Iriki, S. Kobayashi, S. Kuwabara, N. Miyazaki, H. Suzuki, N. Yoshioka, S. Arima, K. Kadota,  
“Organized DFM for Total Optimization in Semiconductor Manufacturing,”  
Proceedings of AEC/APC symposium Asia 2009, ISMI, FN-P-023, Nov. 9<sup>th</sup>, 2009.  
(開催場所：東京都・神田一ツ橋記念講堂)

③T. Sato, M. Honma, H. Itoh, N. Iriki, S. Kobayashi, S. Kuwabara, N. Miyazaki, H. Suzuki, N. Yoshioka, S. Arima, K. Kadota,  
“Organized DFM,” Proceedings of Symposium on Photomask and NGL Mask Technology XVI (PMJ2009), The International Society for Optical Engineering, 7379-112, pp. 1-6, Apr. 8-10<sup>th</sup>, 2009.  
(開催場所：神奈川県・パシフィコ横浜)

〔産業財産権〕

○出願状況（計1件）

名称：最適指標生成装置

発明者：有馬澄佳、山崎雄大

権利者：有馬澄佳（筑波大学）

種類：特許

番号：特願 2011-146687

出願年月日：2011年6月30日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/3f716arimalab/contact>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

有馬 澄佳（ARIMA SUMIKA）

筑波大学・システム情報系・講師

研究者番号：60400644