

1. はじめに

現在、システム LSI のような最先端プロセスを用いた新製品の多品種変量生産化の進展に伴って、日本の半導体産業の復権には製造・生産技術部門の再生・強化が不可欠となっている。半導体製造工程は、数百の工程からなり、また、1つの製品が何回も同じ装置で加工が行われる、リエントラントフローショップと呼ばれる複雑な製造工程である。そのため困難な問題が多く存在し、これまで日本の製造業において有効とされた、ジャストインタイム生産方式などが適用できないことが多い。このような場合にはシミュレーションを用いて有効な方策を得るのがよいと言われている [1]。

本研究では、イオン注入工程の段取り制御がボトルネックであることに注目した。イオン注入工程では多種の加工を行っており、異なった種類の加工を行うためには、長時間の段取り替えが必要となる。イオン注入工程の効率化を図るため、製品の流れをモデル化し、シミュレーションを行い解析する。与えられた時間毎の投入個数やディスパッチングルール（優先規則）が、どのようにスループット、滞留時間、稼働率、バッファの仕掛品の個数に影響を与えるかを確認する。

2. イオン注入工程のシミュレーションモデル

イオン注入機を中心として次のようにモデル化する。図 1 に概略図を示し、以下にアルゴリズムを示す。1. に全体のアルゴリズム、2., 3., 4. にそれぞれ前後工程、イオン注入工程、リエントラント区間・最後工程のサブルーチンを示し、時刻 T までアルゴリズムを実行する。

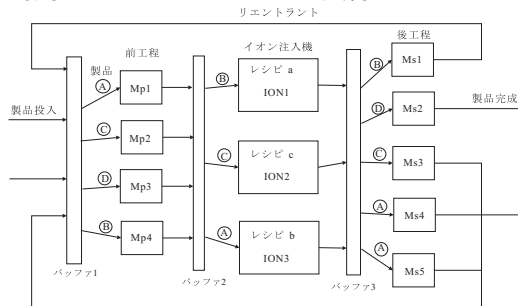


図 1: イオン注入工程モデルの概略図

1. 全体のアルゴリズム

- 時刻 $t = 0$ とする。
- ディスパッチングルールを決定する。
- $t < T$ であれば (d) へ、そうでなければスループット・工期・稼働率など各評価値を出力し終了する。
- 与えられた時間毎に製品を投入し (e) へ進む。
- 2., 3., 4. のサブルーチンに従い各機械、注入機、リエントラント区間・最後工程の状態（処理中の製品の種類、残り処理時間、現在までにかかった時間など）を更新する。2. へ進む。
- バッファの製品を $Type = 1$ とし、 $t = t + 1$ として (c) へ戻る。

2. 前後工程機械 $M_i (i = 0, \dots, m - 1)$ のアルゴリズム

- $i = 0$ とし、(b) へ進む。
- $i < m$ であれば (c) へ、そうでなければ 3. へ進む。
- 機械が処理中であれば続けて製品を処理し、 $i = i + 1$ として (b) へ、処理中でなければ (d) へ進む。処理が終われば (e) へ進む。
- バッファに製品がなければ、 $i = i + 1$ として (b) へ、あれば $Type = 1$ の製品の中からルールにしたがって製

品を選ぶ。その後、機械に処理時間を記憶し $i = i + 1$ として (b) へ戻る。

- 前工程であれば、製品を $Type = 0$ として次の工程の前のバッファに入れ $i = i + 1$ として (b) へ、後工程であればリエントラント区間・最後工程へ製品を進ませ $i = i + 1$ として (b) へ戻る。

3. イオン注入機 $I_k (k = 0, \dots, n - 1)$ のアルゴリズム

- $k = 0$ とし、(b) へ進む。
- $k < n$ であれば (c) へ、そうでなければ 4. へ進む。
- 装置のメンテナンスまでの残り時間が 0 であれば (d) に、そうでなければ (f) に進む。
- 製品処理中であれば処理し $k = k + 1$ として (b) へ、処理が終わっていれば、メンテナンス開始し (e) へ進む。
- メンテナンスを続け、 $k = k + 1$ として (b) へ。終わればメンテナンスまでの残り時間を更新し $k = k + 1$ として (b) へ戻る。
- 装置が段取り替えをしていれば段取りを続け $k = k + 1$ として (b) へ、そうでなければ (g) へ進む。
- 処理中であれば処理を続け $k = k + 1$ として (b) へ、処理が終われば $Type = 0$ として製品を次の工程前のバッファに入れ $k = k + 1$ として (b) へ戻る。処理中でなければバッファを見る。製品があれば $Type = 1$ の製品の中からルールにしたがって製品を選出し (h) へ、なければ $k = k + 1$ として (b) へ戻る。
- 製品のイオンが装置のイオンと適していなければ段取り替えを行い $k = k + 1$ で (b) へ、適していれば処理を開始し $k = k + 1$ として (b) へ戻る。

4. リエントラント区間・最後工程のアルゴリズム

- 各製品処理を行う。処理が終わり、最後工程ならばスループットを 1 増やし、工期を記録し、最後工程でなければ製品を $Type = 0$ として次の工程前のバッファに入れる。1.(f) へ進む。

3. 計算機実験

実際の半導体工場のデータに基づき前後工程機械 115 台、イオン注入機 7 台から成るモデルを考えた。 $T = 2160$ とし、0.01 を単位時間とした。投入製品は、A, B, C, D, E, F, G, H, I の 9 種類で、それぞれの生産ライン（フロー）は A が F1（工程数 31）、B が F2（工程数 32）、C, E, F, I が F3（工程数 26）、D, G, H が F4（工程数 26）である。A, B, C, D, E, F, G, H, I の順番で製品を投入し、24 時間あたりの投入個数を 1 ~ 50 個とした場合、それぞれについてディスパッチングルールに FIFO を用いたシミュレーションを行った。その結果、スループット、平均滞留時間は各フローごとにほぼ同じ値をとり、製品の投入個数が一定値（36 個）を越えたあたりからバッファの仕掛品数が増加、スループットが減少、滞留時間が増加しはじめた。

4. おわりに

イオン注入工程をモデル化し、アルゴリズムを作成した。バッファの仕掛品数が増加すれば、スループットは減少し、滞留時間が伸びることを確認できた。今後の課題として、他のディスパッチングルールを用いたシミュレーションを行い、注入機における段取り回数や、同一レシビ連続処理回数が評価値にどのような影響を与えるかを検証することが挙げられる。

参考文献

- [1] 黒田充, 村松健児編, 生産スケジューリング, 朝倉書店 (2002)