

半導体工場における環境負荷低減活動

Environmental Improvement Activities in Semiconductor Factories

あらまし

半導体工場は、様々な資源や大量のエネルギーを消費している。そのため、環境影響の軽減、とくに環境に対する影響度の大きな有害物質の使用量削減およびCO₂やフロン系ガスなどの地球温暖化ガスの削減は市場要求も伴い半導体業界全体としての対応が求められる大きな課題となっている。

その課題に対し、富士通グループは2002年9月より、製造プロセスの定期見直しにより、資源投入量・使用エネルギーを削減し、環境負荷の低減を図る「グリーンプロセス」活動を実施している。また、省資源化と省エネルギー化を標準とした「グリーンファクトリー」を構築している。双方の導入により他社に先駆けた環境対策を推進している。

本稿では、このような半導体工場における環境負荷低減のための取組みについて、述べる。

Abstract

Semiconductor factories consume a variety of natural resources and a great deal of energy. Consequently, alleviating environmental impact, particularly with regard to hazardous substances and the reduction of CO₂ emissions, has become a crucial problem for which the market demands that the entire semiconductor industry should address. Under such circumstances, Fujitsu has introduced the Green Process and Green Factory activities that have reduced the hazardous substances being used and the energy consumed by reviewing the semiconductor manufacturing process since September 2002. As a result, Fujitsu has advanced environmental measures ahead of its competitors and achieves corporate environmental improvements through the Green Process and Green Factory activities.



今野 順一（こんの じゅんいち）
プロセス技術統括部プロセス技術部
所属
現在、半導体の製造プロセスの開発
と製造ラインの技術支援に従事。



八島 勝郎（やしま かつろう）
プロセス技術統括部プロセス技術部
所属
現在、半導体の製造プロセスの開発
と製造ラインの技術支援に従事。



水永 邦光（みずなが くにみつ）
プロセス技術統括部プロセス技術部
所属
現在、半導体の製造プロセスの開発
と製造ラインの技術支援に従事。

ま え が き

半導体の製造においては特殊なガス・薬品・材料など様々な資源が用いられており、これに加えて、製造装置などを稼働させるために大量のエネルギーを消費している。そのため、微細化技術の推進とともに環境負荷の低減が社会的要求になっている。とくに環境に対する影響度の大きな有害物質の排出量削減、およびCO₂やフロン系ガスなどの温室効果ガスの排出量削減は、半導体全体を含む電気・電子機器メーカーに対応が求められている大きな課題である。

富士通グループでは、2002年9月より、それまでの主流であった原動施設での省エネ、省資源化に加え、製造プロセスの製造条件をライン単位で定期的に見直すことにより、資源投入量・使用エネルギーを削減する製造・生産技術革新活動「グリーンプロセス」を開始した。すなわち、製造プロセスにおいて重要な指標の一つである「コスト」に、新たに「環境」を加え、これらを同等に評価する仕組みを構築することによって、継続的に環境配慮型のプロセスを向上させる活動である。また近年では、薬品・純水の回収・再生システムによる省資源化および局所空調システム・蓄熱システムによる省エネ化技術を駆使した「環境配慮型工場（グリーンファクトリー）」の構築をあきる野テクノロジーセンター、三重工場300 mm第1新棟、同第2新棟で実現した。これらのグリーンプロセスおよびグリーンファクトリーの推進は、ファシリティ・製造・生産技術を統合することにより、資源の枯渇抑止と自然環境の保全に貢献するとともに、製造の低コスト化を図るという経営上のメリットもある。また、環境面でのお客様満足と社会的調和を達成する手段でもあり、循環型社会の形成に向けた大きな一歩と考えている。

本稿では、これらの活動について紹介する。

グリーンプロセス活動の取組み

本章では、グリーンプロセスについて、導入の背景、概要および活動実績を述べる。

● 背景

富士通グループでは、製造拠点において、製造ライン単位で資源の投入量やエネルギー消費量を削減する「グリーンプロセス活動」の導入を2002年に開始した。これは当時、業界初の導入・展開であっ

た。これまで、富士通グループの製造拠点においては、ISO14001に基づく環境マネジメントシステムの構築、廃棄物ゼロエミッション、外気冷房システム、水蓄熱システム、氷蓄熱システム、NAS（ナトリウム・硫黄）電池システムなどの導入により、省エネ・省資源・再資源化および化学物質排出量削減の環境活動を実施してきた。

従来の製品自体の環境負荷低減活動が環境配慮型製品（グリーン製品）の設計・開発であり、製品そのものの環境汚染の未然防止と環境負荷低減を目的としたものであったのに対して、グリーンプロセス活動は、製造工程で使用する薬品・ガスなどの化学物質やエネルギーすべての環境負荷低減活動に幅を広げた点が特徴である。

これは、環境対策が進むにつれて、工場単位の管理だけではきめ細かい対応が難しくなってきた背景がある。製造ライン単位の活動では、製品単位あたりの製造に必要な薬品・ガスなどの化学物質やエネルギーの消費量を把握して改善する。製造部門のエンジニアやオペレータの具体的な目標として把握しやすくなっている。

富士通グループの半導体部門では、2004年3月に関係会社を含めてすべての量産拠点への導入を完了している。

● グリーンプロセスの概要

本活動では、コストと環境を同等の指標として評価する。各工場は、各製造ラインにつき、四半期ごとの目標を設定し、達成度評価を行うことで継続的に活動を推進する。また、図-1に示す環境影響の達成度（環境指標）と現状の生産性向上の達成度（コスト指標）をリンクさせた活動である。

コスト指標とは、製品単位あたりの資源投入量にコストを掛け合わせたものである。独自に定めた環境指標とは、人体への影響、地球環境への影響、リサイクル性の三つに分類している。具体的には、人体への影響では、とくに特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律〔PRTR（Pollutant Release and Transfer Register）法〕⁽¹⁾にかかわる資源および発ガン性要因・環境ホルモンに、また地球環境への影響では、とくにオゾン層破壊・地球温暖化にかかわる資源に高い係数を設定している。リサイクル性では再資源、再利用が可能な資源を低い係数に設定している。最終的には、

影響度	人体への影響			地球環境 への影響	リサイクル性
	作業安全 許容濃度	毒劇物 規制	生態毒性	温暖化係数	
係数大 ↑ ↓ 係数小	$< 1 \text{ mg/m}^3$ ↑ ↓ $\geq 1000 \text{ mg/m}^3$	毒物 劇物	$\leq 1 \text{ mg/l}$ ↑ ↓ データなし	≥ 10000 ↑ ↓ < 10	埋立処分または 単純焼却 ↑ ↓ 再利用/再資源

図-1 環境指標
Fig.1-Environmental index.

環境指標とコスト指標をそれぞれ掛け合わせたものをCG指標^(注1)として数値化し、より高い指標を示す資源から優先的に施策を実施する「順位付け」を行うことにより、具体的な施策を効率良く実施するものである。また、CG指標は設定された資源の使用量から導かれる設計CG値と資源の実使用量から導かれる実績CG値がある（図-2）。設計値に対して実績値が大きいケースは資源を必要以上に使用している可能性が高いため、この差異から優先的に施策を実施する順位付けも行う。

グリーンプロセス活動の評価方法は、100点満点で自己評価をする。環境法令順守、環境保全、省エネ、省資源、再資源化などの項目において目標を設定し、その達成度により評価するものである。目標の中では、使用量を削減するだけでなく、環境影響の少ない資源に置き換える代替手段施策や他工場・他製造ラインに水平展開できる施策を高く評価している。施策を実施することによってそれぞれの評価点を累計し、一定の基準を超えた場合にグリーンプロセス認定工場とする。製造工場がグリーンプロセス認定を得るためには、グリーンプロセス活動を継続的に実施していく必要がある。富士通グループでは、この手法により、製造プロセスの改善を継続的に実施し、環境負荷の少ない製造工場を目指している。

● グリーンプロセス活動の実績

本活動の成果としては、2003年5月に三重工場がグリーンプロセス認定工場を取得し、続いて2003

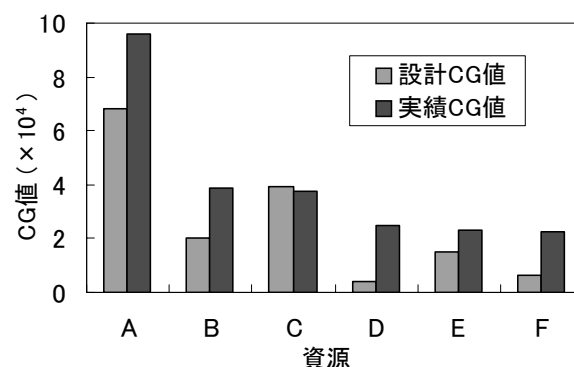


図-2 資源別CG指標
Fig.2-CG index for each natural resource.

年8月に岩手工場・会津若松工場が、2004年4月には後工程の富士通インテグレートドマイクロテクノロジーの全工場が取得し、関係会社を含む半導体部門の全工場がグリーンプロセス認定工場を取得している。また、2005年6月から関係会社を含めた半導体部門工場での合同報告会を年2回開催し、情報の共有化を図り、他工場・他製造ラインへの水平展開を確実に実施している。

グリーンプロセス活動は製造現場の改善活動として定着している。改善は、各作業従事者が現場での気付き（改善項目）を提案することから始まる。それを関係者でブラッシュアップした後に先述の手法で評価・実行へ移す。続いて、成果をグリーンプロセスの視点で評価・解析する。この評価・解析で見出された新たな気付きを提案し改善につなげている。以上の流れはPDCA（Plan-Do-Check-Action）の繰返しとなり、改善活動を継続させている。

(注1) コスト・グリーン指標。
生産量あたりの投入量×単価×環境影響度（10段階分類）。



図-3 三重工場のNAS電池施設
Fig.3-NAS battery system in Mie Plant.

グリーンプロセスの具体的な成果として、半導体製造プロセスにおける回路パターン^{はんさ}の転写工程で生じる感光剤の残渣を除去する方法の見直しに取り組んだ。その結果、洗浄方法をバッチ処理^{はく}(注2)から枚葉処理^{ばく}(注3)へ変更することにより、洗浄後の品質改善を実現した。さらに、この改善により感光剤の残渣を除去するために使用する剥離液の使用量も大幅に削減でき、CG指標を従来に比べて51.9%削減できた。この成功事例はほかの工場への展開を完了している。

グリーンプロセス活動は、コストと化学物質の削減効果とともに、作業従事者の環境改善に関する意識向上にも大きく寄与している。

グリーンファクトリーの取組み

ここでは、環境配慮型工場であるグリーンファクトリーについて2005年4月に稼働を始めた三重工場300 mm第1新棟および第2新棟での取組みを紹介する⁽²⁾

● NAS電池によるCO₂削減

半導体工場では、落雷などに起因した瞬時電圧低下（瞬低）や停電による製造設備の停止に伴う損失は膨大になるため、瞬低や停電への対応は避けられない。従来、瞬低・停電対策用の電源には、化石燃料の燃焼によるコ・ジェネレーション・システムを使用していた。これに対して、NAS（ナトリウム・硫黄）電池システムは、液体Na（負極）、液体硫黄（正極）とセラミックス（電解質）から構成さ

(注2) 多量のウエハを一括処理する処理方法。

(注3) ウエハ単位で処理する処理方法。

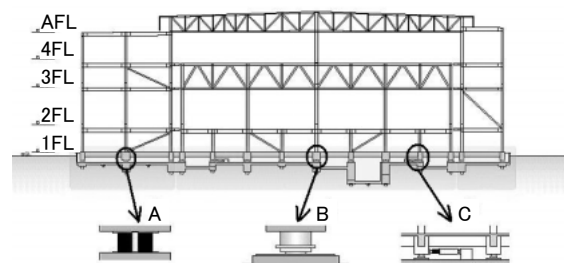


図-4 免震構造
Fig.4-Seismic-isolated structure.

れる次世代の蓄電システムであり、化石燃料による発電比率が低く、CO₂負荷の少ない夜間電力で充電している。

この導入によりコ・ジェネレーションシステムが不要になる。三重工場では、コ・ジェネレーションシステムで瞬低・停電対策を実施した場合に比べて、年間約3万トンのCO₂を削減した（図-3）。

● 免震構造

半導体の製造工程は微細加工のため微振動を嫌い、ある程度揺れることで振動を吸収する柔構造の免震構造との相性が悪かった。そこで、300 mm第1新棟および第2新棟には、図-4に示すように微振動へ対応する剛すべり機構（B）と、大きな揺れに対応する積層ゴム（A）、オイルダンパ機構（C）の3種類の免震装置を用いたハイブリッド免震構造を採用することで、震度6強まで耐える免震性能と微振動抑制性能の双方を併せ持つことを実現した。

これにより、製造ラインへのダメージを防ぐとともに、地震による化学物質や排水などの流出に伴う環境汚染リスクも軽減している。

● 排水再生システムとフッ素回収システム

排水再生システムは、図-5に示すように、システムで浄化した水を原動・環境関連施設で再利用する。これにより水の使用量を200 mmラインの約1/3に低減することを可能とした。

半導体製造に用いられた排水の浄化過程では汚泥が生成されており、この汚泥はセメントの原料としてセメント会社に受け入れてもらっていた。しかし、セメント需要の減少により汚泥の受入れ量も減少しており、汚泥の削減が課題となっていた。

そこで、汚泥に含まれるフッ素を回収することで、凝集沈殿工程で発生する汚泥の削減を目指している。このチャレンジでは、ここで回収したフッ素から、

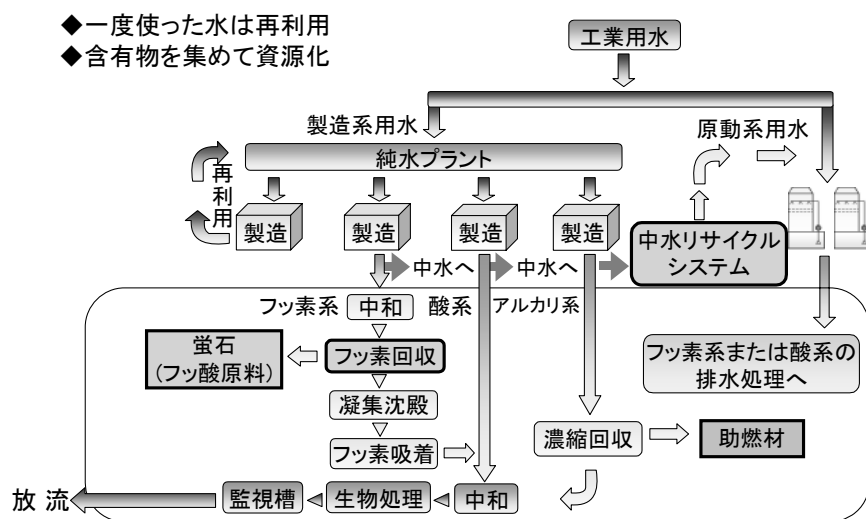


図-5 排水再生システムとフッ素回収システム

Fig.5-Recycling system for drainage water and collecting system of fluorine.

入手困難で半導体製造に欠かせないフッ酸の原料となる蛍石の生成も行う。

む す び

本稿では、半導体工場において、環境負荷低減活動として取り組んでいるグリーンプロセス活動やグリーンファクトリーへの取組みを紹介した。半導体工場において、環境配慮型のグリーンプロセスやグリーンファクトリーは、今後ますます重要性を増してくると考えられる。これらをコストダウンと結びつけて推進することで、企業の存続と地球環境の存

続が連携していく。

富士通グループはこの方向に向かって、着実に前進している。

参考文献

- (1) e-gov：特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律。

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H11/H11HO086.html>

- (2) 富士通三重工場：グリーンファクトリーを高レベルで推進しコストダウンと環境対策に貢献する300 mm第2新棟, *FIND*, Vol.25, No.1, p.32-33 (2007).