

機械安全に必要な安全機器のネットワーク化による ユーザビリティの向上

清水 隆義^{*1} 岩倉 均^{*1} 中野 正^{*1} 川上 昌彦^{*1}
橋山 純二^{*2} 鈴木 実^{*2} 嶋地 篤志^{*2} 伊藤 彰悦^{*2} 藤田 俊弘^{*1}

Improvement of Usability by Networking of Safety Components for Safety of Machinery

Takayoshi Shimizu^{*1}, Hitoshi Iwakura^{*1}, Tadashi Nakano^{*1}, Masahiko Kawakami^{*1},
Junji Hashiyama^{*2} Minoru Suzuki^{*2} Atsushi Shimaji^{*2} Akiyoshi Ito^{*2} and Toshihiro Fujita^{*1}

Abstract - In recent years, the FA (Factory Automation) field, such as car production lines, semiconductor manufacturing equipment, and machine tools, is, to improve productivity, desperately in need of not only higher workability, but also consideration for safety under the HMI environment where humans and machines coexist. The old system needed numerous wirings to ensure safety. However, the new safety network enables the enhancement of usability such as wire-saving, maintainability, and simplicity of system changeover and allows the integration of safety and information. This report explains the new system with several application examples.

Keywords: Safety, Safety Network, Open Network, AS-Interface, Safety at Work and Usability

1. はじめに

近年、FA（Factory Automation）分野や産業機器分野において、生産性向上のために作業性の効率化を図るだけでなく、安全性を考慮することが国際的に強く求められている^[1,2]。機械安全の国際規格である ISO12100 は日本でも 2004 年 9 月に JIS 化される方向であり、相次ぐ産業事故や一般の人を巻き込む人身事故が増加することにより、人々の安全に対する意識も向上しつつある状況にある。

かつて国内における安全対策とは、作業者に十分な教育・指導を行い、知識と経験を基に「災害ゼロ」を実現するということを意味していた。しかし、欧米では作業者は「ミスを犯すものである」との考え方に立ち、安全確保された設備を用いることによる「危険ゼロ」を実現しており、日本とは考え方そのものに相違があった。最近では

ISO12100 や厚生労働省の「機械の包括的な安全基準に関する指針」の好影響もあり、日本においても「災害ゼロ」から「危険ゼロ」への考え方へと移行されつつある。

このような潮流の中、新しい技術として非常停止スイッチや安全スイッチといった安全制御機器も接続可能なセーフティネットワークの導入が世界的に進んでいる。例えば図 1 に示すように、半導体製造装置では非常に多くの安全機器が必要となってきたため、設計、製造およびメンテナンス時のユーザビリティの向上が必要となってきた。本稿ではセーフティネットワークについて概説し、半導体製造装置への応用例について報告する。さらに代表的なセーフティネットワークである AS-Interface Safety at Work を用いた場合のユーザビリティの向上等、メリットについて分析を行う。

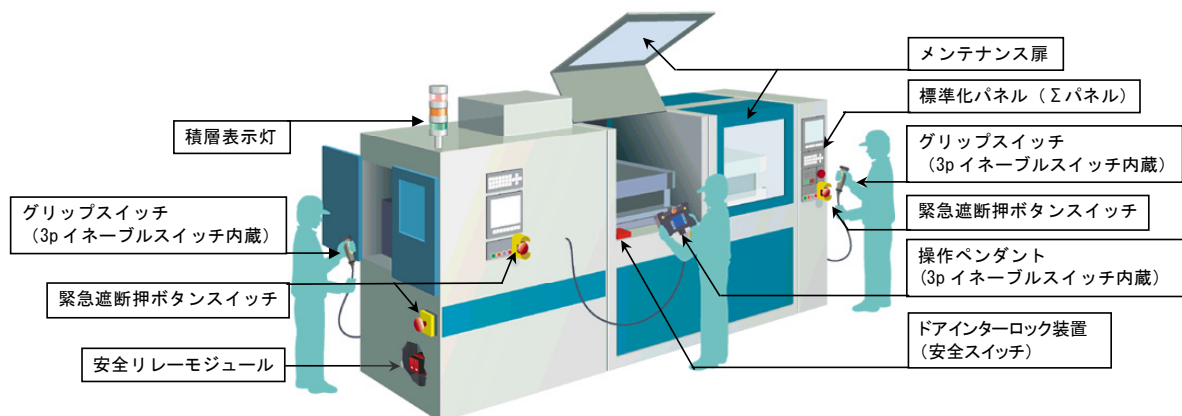


図 1 半導体製造装置の例

Fig 1 Example of the Semiconductor Manufacturing Equipment

*1: 和泉電気株式会社

*2: 富士通 VLSI 株式会社

*1: IDEC IZUMI Corporation

*2: FUJITSU VLSI Corporation

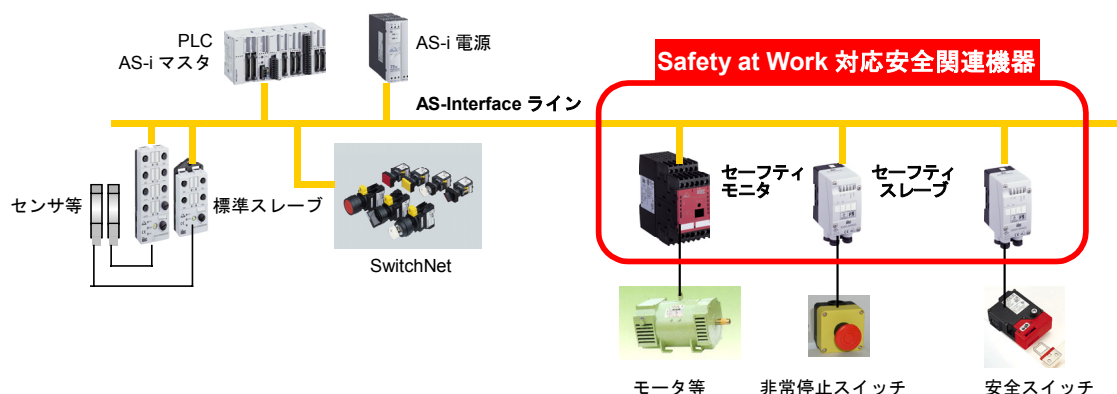


図 2 AS-Interface Safety at Work の基本構成

Fig 2 AS-Interface Safety at Work Basic Configuration

2. 半導体製造装置に要求される安全性

一般的に半導体製造装置では通常運転時のみならず、設備立ち上げ、ティーチング（教示）、設備切り替え、メンテナンス時の使用に対してリスクアセスメントを行い、ISO12100 や IEC60204-1 等の国際規格や、半導体業界のガイドラインである SEMI 規格に整合させるため、図 1 に示すように多くの安全機器を用いている。例えば、緊急時に危険源を停止させるための安全方策としての緊急遮断（EMO : Emergency OFF）スイッチや、ドアインターロック用安全スイッチなどの安全機器を使用することが要求されおり、われわれも必要とされる安全機器を HMI 環境に対して提供してきた^[3-5]。

従来、このような安全機器で構成される安全システムは、制御システムとは独立して構成されていた。これは、万一制御システムが故障した場合に、それが安全システムに影響を及ぼさないようにするためであり、それ故、制御分野においては省配線効果やメンテナンスコスト削減のために普及が著しいオープンネットワークも、安全機器には接続できなかった。

しかし、安全技術の進歩により、この状況も変わりつつある。それがセーフティネットワークと呼ばれるネットワーク技術であり、このセーフティネットワークでは、制御機器と安全機器が同じネットワークに接続することが初めて可能となった。これにより制御系のみならず安全系をも含めたトータルシステムとして省配線、省工数等によるコストダウンや、ユーザビリティの向上が実現可能となった。代表的なセーフティネットワークとして AS-Interface Safety at Work^[7]（以降 SAW と呼称する）がある。

3. AS-Interface Safety at Work の特長

SAW は、日米欧で最も普及しているオープンネットワークの 1 つであり、国際規格 IEC62026-2 として規格化されている AS-Interface に安全機器を接続するために開発された、制御と安全の統合を可能にしたセーフティネットワ

ークである^[8,9]。また、SAW は安全規格 EN954-1 における最も高い安全性能を示すカテゴリ 4 に適合しており、第 3 者認証機関である TÜV（ドイツ技術検査協会）からも認証されている。

図 2 に示すように、SAW では、通常の AS-Interface 機器であるマスタ、標準スレーブ、SwitchNet、電源に加えて、安全入力用機器であるセーフティスレーブと安全出力およびネットワーク監視機器であるセーフティモニタを、既存の AS-Interface ネットワークに接続することでセーフティネットワークの構築が可能となる。安全出力の動作条件はパソコン上で動作する設定ソフトを用いて設定し、そのデータをセーフティモニタに書き込むことが出来るため、様々な要求や使用条件にあった、フレキシブルなシステム構成が可能である。

4. 半導体製造装置の適用例

図 3 に示すウェハーエッチング装置では、安全面において本質安全を実現するためにリスクアセスメントに基づき、安全の最先端技術が導入されており、半導体装置規



図 3 ウェハーエッチング装置の外観写真

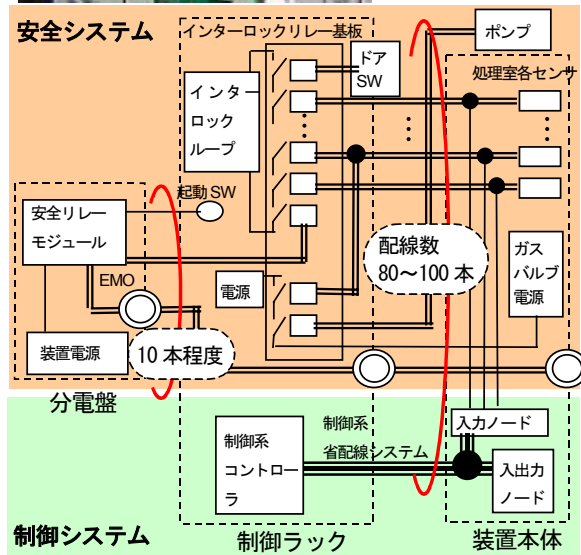
Fig 3 Exterior Picture of Wafer Etching



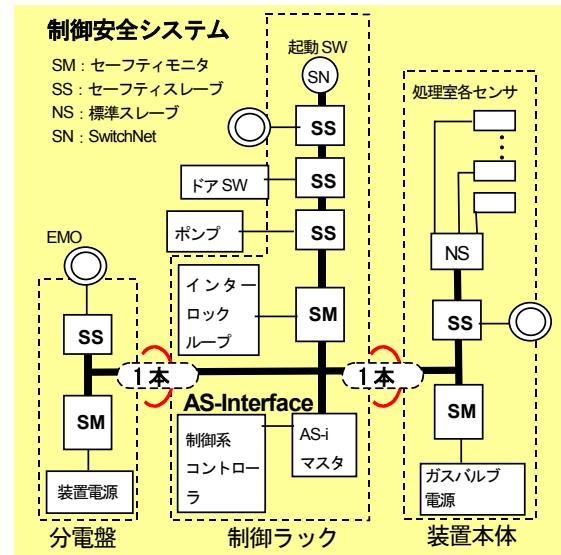
インターロック
リレー基板
(制御ラック内)



AS-Interface
Safety at Work
セーフティモニタ
(制御ラック内)



(a) 従来の制御安全システム



(b) AS-Interface Safety at Work を用いた制御安全システム

図4 制御安全部における従来のシステムと AS-Interface Safety at Work を用いたシステムの比較

Fig 4 System Comparison between the Conventional System and AS-Interface Safety at Work System of the Control Safety Unit

格 SEMI-S2-0200 に加えて各種の安全規格にも対応可能な構成となっている。その要因のひとつとして SAW の導入が特長的にあげられる。

図 4 に制御安全部に関して(a)従来のシステムと、(b)SAW を用いたシステムとを比較する。

図 4(a) に示すように、本装置は装置本体と、それを制御するための制御ラックおよび電源供給するための分電盤などから構成されている。機能的には安全システムと制御システムとに分かれており、安全システムは、従来、インターロックリレー基板等を使用したハードワイヤリング構成であった。制御システムにおいてはネットワーク導入による制御系コントローラでの集中管理が行われ、省配線化が実施されていたが、安全システムの配線により装置間の配線は 100 ラインを超す多大なものとなっていた。また、設備立ち上げ時のデバックや客先要求によるシステム変更においても、ハードワイヤリング構成や独自の個別開発によるインターロックリレー基板を使用しているため、変更・改善に発生する多大な工数・費用だけでなく、安全性を立証するための第 3 者認証機関による認証にも工数・費用を割く必要があった。

一方、図 4(b) は SAW を導入した際のシステム構成であるが、多大な配線の要因となっていた安全システムがただ 1 本の 2 芯ケーブルで構成されている。むしろ安全システムだけでなく制御システムも同一ネットワーク上に接続できるため、図 5 に示す SwitchNet を接続して更なる省

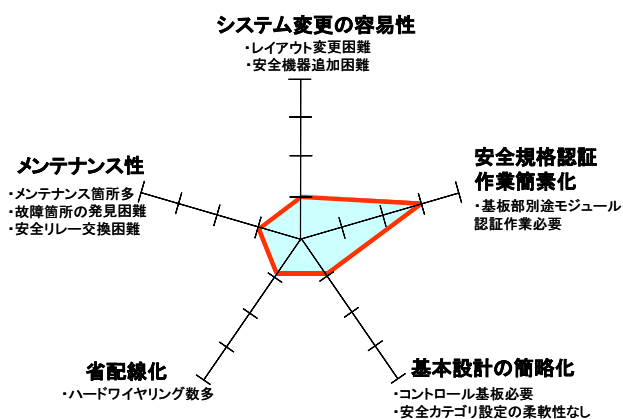
配線化を実施しておりユーザビリティが向上している^[10]。また、先に述べたように従来は安全システムには専用のインターロックリレー基板が必要であり、開発・変更に多大な工数・費用を必要としたが、すでに安全認証を取得している SAW を使用することで基本設計や国際規格の認証作業を簡素化することが可能となった。

図 6 に(a)従来の制御安全システムおよび(b)SAW を用いた制御安全システムにおける半導体製造装置としてのユーザビリティについて比較・分析を行った結果を示す。先に述べた、基本設計の簡略化、安全規格認証作業簡素化、省配線化のみならずシステム変更の容易さ、メンテナンス性においても優れた結果となっている。

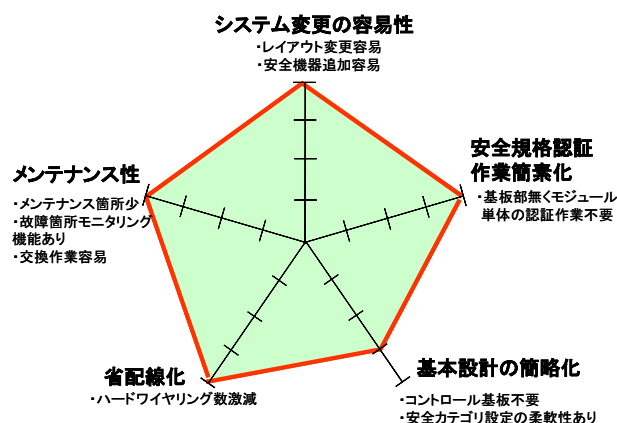
半導体製造装置ではその設備の巨大さゆえ客先要求や安全要求度合いに適合した柔軟かつ急速なシステム構築・変更が必要となる。SAW ではセーフティスレーブやセーフティモニタ、標準スレーブの増加・変更、ソフトウェアでの設定にてこのようなシステム変更に対応することが可能であり、装置のフレキシビリティが特長となっている。このように SAW を用いることで設計面の利点のみならず総合的なユーザビリティを大幅に向上させた装置となった。SAW を導入した本設備はまさに最新安全技術を用いたユーザビリティに富んだ半導体製造装置である。

5. 今後の展開

適用例が示すように、SAW が安全面、制御面からユー



(a) 従来の制御安全システム

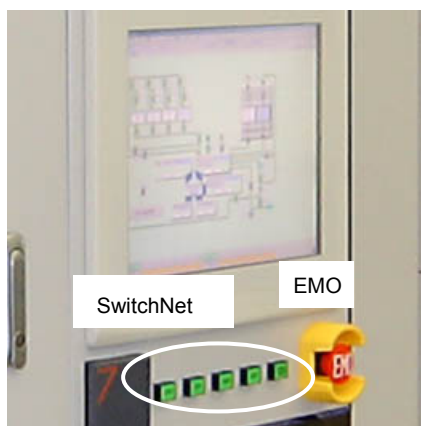


(b) AS-Interface Safety at Work を用いた制御安全システム

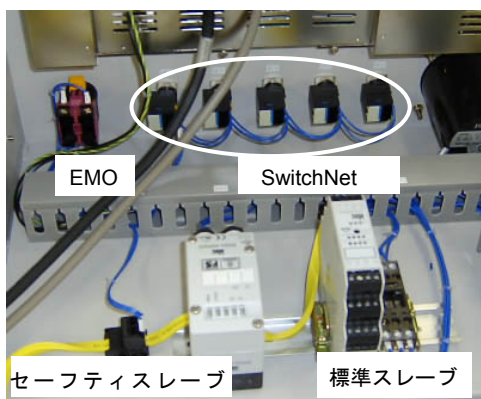
図 6 半導体製造装置としてのユーザビリティの比較

Fig 6 Usability Comparison of Semiconductor Manufacturing Equipment

ザビリティの向上を図る上で最適なシステムであることがわかる。またグローバルな社会的キーワードである①国際標準化、②オープン化、③省への対応、④安全への配慮の4つのポイントにおいて、SAW はこれらをすべて包含したシステムであり、情報と安全との融合という社会的課題に応えられるネットワークシステムであると考えられる。半導体製造装置への適用の有効性ととも、今後多くの機械システムでの利用が予測される。今後もさらにユーザビリティを迫及した開発を進める所存である。



(a) パネル前面



(b) パネル内部

図 5 SwitchNet を用いた HMI パネル

Fig 5 HMI panel using SwitchNet

謝辞

本技術開発と原稿を執筆するにあたり、ご協力頂きました富士通 VLSI 様の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] ISO 12100-1, -2:2003, Safety of machinery -- Basic concepts, general principles for design -- Part 1: Basic terminology, methodology, Part 2: Technical principles.
- [2] IEC60204-1:1997, Safety of machinery-Electrical equipment of industrial machines-Part 1: General requirements.
- [3] 西原他：国際規格に対応した非常停止スイッチ；IDECA REVIEW 2002, 和泉電気株式会社, p40-46, (2001)
- [4] 延廣他：機械の本質安全に必要な 3 ポジショングリップスイッチと半導体製造装置への応用；ヒューマンインターフェース学会, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 pp. 431-434 (2002)
- [5] 小野他：安全性向上を追求したペンダント形操作表示器の制御システムへの応用；ヒューマンインターフェース学会, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2000 論文集, p29-p32(2000)
- [6] EN954-1:1997, Safety of machinery -- Safety-related parts of control systems -- Part 1: General principles for design
- [7] Dr ライネルト他 監修：オートメーション用安全バスシステム；NPO 安全工学研究所, pp 51-68 (2003)
- [8] IEC60206-2: 2000, Low-voltage switchgear and controlgear - Controller-device interfaces (CDIs) - Part 2: Actuator sensor interface (AS-i)
- [9] 土肥：FA 現場における安全機器ネットワーク化への対応, 計装, Vol.46, No.10, pp66-69 (2003)
- [10] 麻他：オープンネットワーク対応 SwitchNet におけるユーザビリティの飛躍的改善, ヒューマンインターフェース学会, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2004 論文集