

序 文

半導体製造での地震対策については、今日、それなりの効果を発揮していることは1987年の千葉県東方沖地震や1995年の兵庫県南部地震において、半導体クリーンルームで人身事故が発生していないことから推察できる。

しかし、半導体産業は、ここ四半世紀の間に急激に成長した産業であり、歴史が浅く、地震対策についても、すべての問題が解決されているわけではなく、多くの問題が残されている。

しかも、兵庫県南部地震の一年前にロスアンゼルス近郊で発生したノースリッジ地震の時のシルマーでの記録があまりに強く、これまで参考にされていたエルセントロや八戸の2倍以上の加速応答スペクトルが記録されたため、このように強い地震は、特殊であり、日本では起こらないとされていたが、兵庫県南部地震の時の神戸海洋気象台で記録された加速応答スペクトルは、シルマーでの記録と同等の強さの地震であったことを証明しており、このように強い地震も普通の地震であり、何時でも起こりうるということが証明されたため、地震対策の見直しが必定となっている。

したがって、地震対策について、今、出版するのは時期尚早との意見もあるが、日本の半導体産業の社会性を考慮すれば、安定供給に対する責務が大きく、これに応えうる地震対策は急務といえる。このためには、地震対策についての自由な議論を盛んにする必要があり、敢えて、今一石を投じることが必要と考え、発刊を企画した。

本書は、地震対策に関するこれまでの集大成に重点を置き、矛盾点は矛盾点として記述し、読者の批判、議論の種となり、今後の地震対策のための出発点になることを第一義に考えた。

半導体製造における地震対策ハンドブック編集委員長
原田 宙幸

編集委員会

編集委員長：原田 宙幸	三菱商事(株)技術部 技師長
編集委員：赤木 久眞	(株)NTTファシリティーズ 研究開発部 主幹研究員
齊藤 次男	関東化学(株)電子材料事業本部 部長
堀木 泰之	日曹エンジニアリング(株)常務取締役 営業本部長
橋本 孝二	(株)鈴木商館 事業統括本部 課長
三村 義昭	日本電信電話(株)LSI研究所 主任研究員
河合 禎	日新電機(株)イオン機器事業部 技師長
橋本 純二	トキコ(株)研究所 主任研究員
佐々木 隆	神鋼パンテック(株)技術開発本部 室長
大山 薫	ミドリ安全(株)常務理事

執筆者一覧 (掲載順, 敬称略)

原田 宙幸	三菱商事(株)
赤木 久眞	(株)NTTファシリティーズ
橋本 純二	トキコ(株)
白浜 昇	鈴商ガスエンジニアリング(株)
永井 貞雄	(株)鈴木商館
鈴木 讓	(株)鈴木商館
秋山 重之	(株)堀場製作所
金子 充宏	ジェック(株)
橋本 孝二	(株)鈴木商館
佐々木 隆	神鋼パンテック(株)
小田 博通	神鋼パンテック(株)
小林 宏子	神鋼パンテック(株)
齊藤 次男	関東化学(株)
志保谷孝雄	関東化学(株)
小波 盛佳	日曹エンジニアリング(株)
加地 利光	日曹エンジニアリング(株)
三村 義昭	日本電信電話(株)
河合 禎	日新電機(株)
大西 豊一	日新電機(株)
吉備 康浩	日新電機(株)
田中 通洋	ミドリ安全(株)
浅田 敏勝	福井工業大学

半導体製造における地震対策ハンドブック 目次

1. 半導体 (IC) 産業と地震対策	
1. 半導体 (IC) 産業の特徴と地震対策	1
2. 電源OFF安全モード	2
2.1 電源スイッチに関する規格	3
2.2 「非常ボタン」に関する規格	3
2.3 ガス遮断に関する規格	4
2.4 警報信号等外部信号に関する規格	5
2.5 その他	6
2.6 「電源OFF安全モード」と地震対策	6
3. 半導体工場での災害事例と問題点	8
3.1 コンピュータ制御電気炉によるクリーンルーム火災	8
3.1.1 災害発生状況	8
3.1.2 問題点と対策	10
3.2 CVD 排気ダクトからの出火によるクリーンルーム火災	14
3.2.1 災害発生状況	14
3.2.2 問題点と対策	14
3.3 可燃性有機薬液漏洩事故	15
3.3.1 災害発生状況	15
3.3.2 問題点と対策	15
3.4 漏洩ガス点検中の爆発による死亡事故	16
3.4.1 災害発生状況	16
3.4.2 問題点と対策	16
3.5 有毒ガス漏洩騒ぎ	18
3.5.1 災害発生状況	18
3.5.2 問題点と対策	18
4. 半導体工場での地震対策の考え方	18
4.1 地震対策の基本「避難優先」	19
4.2 安全に避難できるようにするための対策	20
4.2.1 クリーンルーム建屋	20
4.2.2 装置耐震固定	20

4.2.3	避難通路と避難場所.....	21
4.2.4	送風／排気設備の無停電化.....	21
4.2.5	緊急用純水の確保.....	22
4.2.6	ガス遮断.....	22
4.3	付録 サイクルバージによるガス置換.....	24
5.	半導体製造クリーンルーム構成と避難通路の確保.....	25
	<原田宙幸>	
6.	クリーンルームにおける入退室管理システム.....	29
6.1	入退室管理システムの概要.....	29
6.2	想定される被災状況.....	29
6.3	地震対策の基本的な要件.....	30
6.4	地震対策として具体的に必要な事項.....	30
6.5	将来の地震対策.....	32
	<小波盛佳>	
2.	地震とその対策	
1.	地震の発生危険度と地震動の特性.....	33
1.1	地震の発生原因.....	33
1.2	マグニチュードと震度階級.....	34
1.3	地震発生の危険度.....	36
1.4	地震波の性状.....	38
1.5	建物内の地震動.....	41
1.6	装置などの地震応答.....	44
2.	地震被害と地震対策.....	45
2.1	地震被害の様相.....	45
2.2	地震対策の目的および目標.....	49
2.3	耐震設計法.....	51
2.4	製造ライン耐震設計用地震力.....	53
2.5	鋼材などの許容応力度.....	56
2.6	アンカーボルトの種類と許容力.....	60
3.	装置類の耐震対策.....	69
3.1	装置類の製作・組立.....	69
3.2	装置類の据え付け工法.....	70
3.3	装置類のコンクリート床への固定工法.....	71
3.4	装置類の移動・転倒防止工法.....	75
3.5	二重床上の装置類の固定工法.....	80
3.6	装置類の壁・天井への支持工法.....	85
3.7	装置類の架台・基礎.....	90
4.	配管・ダクト類および建物等の耐震対策.....	91

4.1	配管類の耐震対策	91
4.2	ダクト類の耐震対策	95
4.3	薬品類の耐震対策	97
4.4	付帯設備などの耐震対策	97
4.5	二重床などの耐震強化	98
4.6	建物の耐震設計	100
5.	運用上での地震対策	102
5.1	感震器制御システム	102
5.2	点検・訓練など	103

<赤木久眞>

3. 免震技術

1.	まえがき	105
2.	免震の原理	105
3.	免震技術の歴史	106
4.	免震装置の構成要素	109
5.	免震装置の使用例と効果	113
6.	今後の展望	118

<橋本純二>

4. 半導体用ガス供給設備と地震対策

1.	特殊材料ガス供給と地震対策	119
1.1	高圧ガス配管系の耐震対策概念	119
1.2	特殊ガス材料供給配管について	119
1.3	シリンダキャビネット設備	120
1.4	排ガス処理装置および排気配管	121
2.	集中ガス管理設備	122
2.1	ガス漏洩検知器設備	122
2.2	ガス集中管理システム (SER)	122
3.	安全確認型シリンダキャビネット設備	123
3.1	安全確認型C/Cの目的	123
3.2	安全確認型C/Cの構成	123
4.	緊急遮断機能付高圧ガス容器用バルブ ACSV (Active Cut Safety Valve)	125
4.1	概要	125
4.2	特長	125
4.3	仕様・構造	128
4.4	ACSV 確認試験レポート	129

<白浜 昇>

<永井貞雄>

5. 水素吸蔵合金を利用した水素ガス供給システム	130
5.1 水素吸蔵合金利用水素貯蔵輸送容器.....	130
5.2 国内における水素吸蔵合金水素供給システムの実用化例.....	130
5.3 水素吸蔵合金水素ガス供給システムを利用した非常用電源.....	131
5.4 水素吸蔵合金のセンサ利用としての可能性.....	132
	<鈴木 譲>
6. インラインガス濃度センサ	134
6.1 概要	134
6.2 測定原理	134
6.3 構造と機能.....	136
6.4 おわりに	136
	<秋山重之>
7. 液化窒素供給システム	137
7.1 液化窒素物性.....	137
7.1.1 窒素の物性.....	137
7.1.2 断熱の必要性.....	137
7.1.3 液化窒素の取り扱い.....	138
7.2 液化窒素供給システム.....	138
7.2.1 一般的供給目的と方法.....	138
7.2.2 システムの構成要素.....	139
7.2.3 システムの特徴.....	140
7.3 設計・施工.....	140
7.3.1 設計.....	140
7.3.2 施工.....	141
7.4 保守・管理.....	141
7.4.1 設備の保守・点検.....	141
7.4.2 設備およびシステムの管理.....	141
	<金子充宏>
8. 兵庫県南部地震における高圧ガス設備被害状況	142
8.1 兵庫県南部地震被害（半導体製造工場以外の高圧ガス設備を含む）.....	142
8.1.1 高圧ガス設備の被害状況.....	142
8.1.2 定置式貯槽（CE）の被害状況.....	142
8.1.3 トレーラー、カードル、ガス集合装置の被害状況.....	143
8.1.4 シリンダキャビネットの被害状況.....	143
8.1.5 容器置場の被害状況.....	144
8.1.6 屋内配管・排気ダクト等の被害状況.....	144
	<橋本孝二>
9. ガス耐震関連法規等.....	146
9.1 通商産業省令	146

9.2 通商産業省告示第515号『高圧ガス設備等耐震設計基準』(S56.10.26)	146
9.3 指針『高圧ガス設備等耐震設計指針』(高圧ガス保安協会S62.7月発行)	147

<橋本孝二>

5. 水素・酸素ガス供給のオンサイトプラント化

1. 水素・酸素ガス供給のオンサイト化による地震対策	149
2. 純水直接電気分解による水素・酸素発生装置	149
2.1 ガス発生の基本原理	149
2.2 装置の形式	150
2.3 性能	151
2.3.1 ガス中の不純物ガス	151
2.3.2 ガス中の不純物金属	151
2.3.3 排水	152
2.3.4 電流効率	152
2.3.5 長期連続運転	153
2.4 特長	154
3. ガス局所供給設備	154
3.1 フローシート	155
3.2 仕様	156
3.3 特長	157
4. ガス局所供給実装置	158
4.1 仕様	158
4.1.1 性能	158
4.1.2 制御方式	158
4.1.3 ユーティリティ	158
4.1.4 装置寸法, 重量	158
4.2 設置条件	159
4.3 運転操作	159
4.3.1 運転準備	159
4.3.2 自動運転(設定変更なし)	159
4.3.3 自動運転(設定変更)	159
4.3.4 一時停止再起動	160
4.3.5 手動運転	160
4.3.6 窒素パージ運転	160
4.3.7 水素パージ運転	161
4.3.8 運転状態の画面表示	161
4.3.9 警報	162
4.4 メンテナンス	162
4.4.1 運転準備	162

4.4.2	日常点検.....	163
4.4.3	定期点検.....	163
4.4.4	修理, 交換部品.....	164
4.5	安全.....	164
4.5.1	水素ガスの漏洩検知および排気ダクト.....	164
4.5.2	窒素ガスパージ.....	164
4.5.3	安全弁.....	164
5.	ガス集中供給設備.....	164
5.1	フローシート.....	164
5.2	仕様.....	165
5.3	特長.....	165
6.	半導体工場のガス供給のオンサイトプラント化の提案例.....	166
6.1	オンサイトプラントのフロー例.....	167
6.2	仕様.....	168
6.2.1	性能.....	168
6.2.2	ユーティリティ.....	168
6.2.3	設置面積.....	168
6.3	設置条件.....	169
6.4	運転操作.....	169
6.5	メンテナンス.....	170
6.5.1	運転準備.....	170
6.5.2	日常点検.....	170
6.5.3	定期点検.....	170
6.5.4	修理, 交換部品.....	170
6.6	安全.....	170
6.6.1	水素ガスの漏洩検知.....	170
6.6.2	窒素ガスパージ.....	170
6.6.3	安全弁.....	171
6.6.4	ガス濃度検知および差圧制御.....	171
6.6.5	静電気.....	171
6.7	おわりに.....	171

<佐々木 隆/小田博通/小林宏子/原田宙幸>

6. 薬品自動供給装置と地震対策

1.	薬品運搬容器.....	173
1.1	容器の種類.....	173
1.2	ハンドリング容器の取り扱いと安全対策および地震対策.....	173
1.2.1	保管上の注意事項.....	173
1.2.2	搬送時の注意事項.....	175

1.2.3	その他	175
1.3	薬品自動供給装置に使用されている容器の取り扱いと安全対策および地震対策	176
1.3.1	保管上の注意事項	176
1.3.2	搬送時の注意事項	176
1.3.3	その他	176
2.	薬品自動供給装置	176
2.1	薬品自動供給装置の種類	177
2.1.1	小規模薬品自動供給装置	177
2.1.2	中規模薬品自動供給装置	177
2.1.3	大規模薬品自動供給装置	178
2.1.4	薬品自動希釈供給装置	178
2.1.5	廃液回収再生装置	178
2.1.6	簡易薬品自動供給装置	180
2.2	薬品自動供給装置の材質	180
2.2.1	酸、アルカリ系薬品に使用されている材質	180
2.2.2	溶剤系薬品に使用されている材質	180
2.2.3	材質の強度	180
2.3	薬品自動供給装置の安全対策および地震対策	181
2.3.1	クリーンカップリングブース	181
2.3.2	クリーンブース	182
2.3.3	Cica S-wagon, Cica LS-100	182
2.3.4	受け入れタンクおよび供給タンク	182
2.3.5	フィルタユニット	183
3.	サブライルーム	185
3.1	装置を設置する場所	185
3.1.1	クリーンルーム内 (ケース1)	185
3.1.2	クリーンルームと同一フロアのメンテナンスエリア (ケース2)	185
3.1.3	クリーンルームと同一フロア (ケース3)	185
3.1.4	クリーンルームの床下 (ケース4)	186
3.1.5	クリーンルームと同一建物で、屋外に接する壁を通して薬品の受け入れを行う (ケース5)	186
3.1.6	クリーンルームと異なる建物で、屋外に接する壁を通して薬品の受け入れを行う (ケース6)	186
3.2	安全対策および地震対策	186
3.2.1	装置をサブライルームに設置しない場合	186
3.2.2	装置をサブライルームに設置する場合	186
4.	配管	189
4.1	配管方法と種類	189
4.2	分岐方法	190

4.3 生産設備との接続方法.....	192
4.4 サポート.....	192
5. その他.....	192
5.1 設備の緊急停止.....	192
5.2 設備の復帰.....	192
6. 総括.....	192

＜青藤次男／志保谷孝雄＞

7. 洗浄装置と地震対策

1. 地震による事象と損害.....	195
2. 洗浄装置における個別の課題.....	195
2.1 装置に用いられる材料.....	195
2.2 装置の構造体および部品の損壊防止.....	196
2.3 取付部品の脱落・落下.....	198
2.4 装置の位置ずれ・転倒.....	198
2.5 配管系の損壊.....	198
2.6 電気計装系の故障対策.....	199
3. 薬液循環濾過装置と地震対策.....	200
4. 洗浄装置用排ガススクラッパと地震対策.....	200
4.1 ガススクラッパの概要.....	200
4.2 地震対策.....	201
5. 今後の動向と対策.....	201

＜小波盛佳／加地利光＞

8. リソグラフィ装置と地震対策

1. LSI製造におけるリソグラフィ技術の概要とライン構成.....	203
2. ステップの構造と主要性能.....	209
3. コータ／デベロッパの構造と主要性能.....	219
4. その他の主要関連装置.....	224
5. 環境制御ならびに安全対策・地震対策.....	225
5.1 ステップ.....	225
5.2 コータ／デベロッパ.....	227
5.3 その他の装置.....	229

＜三村義昭＞

9. イオン注入装置と地震対策

1. はじめに.....	231
2. イオン注入装置の概要.....	231
2.1 イオン注入装置の種類.....	231

2.2	イオン注入装置の構造・構成	232
2.3	地震災害の観点から見たイオン注入装置	233
3.	イオン注入装置の地震対策	234
3.1	耐震設計	234
3.1.1	設計基準	234
3.1.2	耐震設計例（日本電子工業振興協会の指針に基づく）	235
3.2	電気系統の対策	237
3.2.1	停電対策	237
3.2.2	電力短絡	237
3.2.3	高電圧放電，閃絡	239
3.3	火災対策—不燃化，難燃化—	240
3.4	有害ガス，有害物質対策	242
3.5	制御システムへの配慮	243
4.	災害復旧時の注意事項	244
5.	おわりに	246

＜河合 禎／大西豊一／吉備康浩＞

10. 防災対策用品

1.	はじめに	247
2.	クリーンルームの防災対策用品のあり方	249
3.	防災対策用品の常備の場所と常備品リスト	252
4.	保守管理	253
5.	クリーンルーム用防災対策用品の今後—将来の方向性—	254
6.	まとめ—防災管理と防災対策用品—	254
6.1	防災設備の基本	255
6.2	防災システム	256

＜田中通洋／浅田敏勝＞

11. 兵庫県南部地震報道等に見る半導体産業被害状況と地震対策問題点

1.	兵庫県南部地震の特徴	259
2.	半導体産業の被害状況と耐震対策	260

＜原田宙幸＞

1. 半導体 (IC) 産業と地震対策

1. 半導体 (IC) 産業の特徴と地震対策

半導体産業は、すでに、IC (集積回路) 産業と呼ぶ方が実態を良く表している。今日では、ICの入っていない機械を見つけるのは困難になってきていることからわかるように、ICは、すでに、石油や食料と同じように生活に不可欠な生活必需品になっている。したがって、石油と同じように、その安定供給が強く求められている¹⁾。

このことは、95年1月17日未明に発生した阪神大震災のニュースが世界に伝えられると、IC供給不安に対する海外からの問い合わせが通産省等の関連機関に殺到したことや、日本の国益を無視した危険分散のための海外シフト論が日本のIC関連業界新聞紙面を賑わしたことからわかる²⁾。

幸いなことに、その後の調査で、地震による被害はほとんどのIC工場で軽微であり、しかも、被害状況が狭い地域に局在していたことから、危険分散が日本国内で充分対応可能であることが改めて認識された。さらに、地震以外の災害までを考慮すると、関連企業からの手厚い復旧に対する協力が不可欠であることが判明したこともあり、地震国日本でのIC製造に対する供給不安が払拭されただけでなく、日本が最もIC安定供給にふさわしいインフラを備えた国であることが改めて認識され、海外シフト論は急速に立ち消えた³⁾。

しかし、阪神大震災によるIC工場での個々の被害状況を見ると、軽微とされている事例にも、重大事故につながる可能性を孕むものが少なくなく、今後の検討が必要であることは明白である⁴⁾。

再度、IC安定供給に対する不安が発生するようなことが起これば、海外シフト論が再燃し、各国政府による自国のIC産業保護育成政策に口実を与える心配が常にある。しかも、安定供給に対する必要性は、ICの発展とともに日増しに増大しており、海外シフト論再燃の危険性は、今後、ますます大きくなってきている¹⁾。ICが生活必需物資として欠かせない重要部品であるのは、ICがその基本機能として、「人間の五感をすべて代替できる機能」を有しているがためである。IC産業は、この機能により、人間に代わって働く機械、すなわち、奴隷の提供を可能とした⁵⁾。

現代社会では、すでに、「機械にできる仕事は機械にさせ、人間は人間にしかできない仕事をする」ことを当然のこととして受け入れている。人類史上このようなことが可能となったのは、IC発明以降であり、ほんの四半世紀前からである。これから21世紀に向かって、ICがますます進歩し、機械にできる仕事のレパートリーが広がるとともに、人類すべてが王様になる時代、21世紀、が花開くことになる。

昔の王侯貴族が、奴隷がいないと生きていけなかったように、これからの人類は、ICがないと生活できないことになる。このため、21世紀には、ICの安定供給が、20世紀の石油に代わって、国際的な最重要課題となることは明白である。

ICがこれまでの人類が手にした商品と異なることは、一人当たりの消費量に制限がないことからわかる¹⁾。食品や自動車等の従来の商品はすべて、一人で消費できる量に限りがあり、例えば、「人

「口×胃袋の容積」等で消費量の上限が定まっており、市場性も限られたものとならざるを得なかった。

しかし、人間に代わって仕事をするICには、一人当たりの消費量に対する明確な制限がない。昔の王様が奴隷を多く持てばそれだけ快適な生活ができたように、ICの消費量が増えれば増えるほど便利で快適な生活ができるようになるので、IC技術の進歩により、幾らでも消費できるようになることがわかる。

1KbitRAMが商品化されてから、四半世紀が経過したが、この間、平均して20%以上の成長を続けてきたのも、ICが消費量に対する制限のない商品であるからである。

今日でも、ICの故障による電話の不通や銀行オンラインシステムの停止により、生活に不便を被ることが実感されているが、21世紀になると、ICの機能が飛躍的に向上する結果、ICが提供する機能は、これまでも増して増大し、ICが生活に不可欠な必需物資であることが、これまで以上に強く実感されることになる。ICは、正しく、「21世紀の石油」であり、ICを牛耳る国が世界を牛耳ることになる。

ICは、このように生活必需物資であるが故に、その安定供給が、21世紀国際社会の重要課題となるのは、明白である。地震国である日本が世界のIC供給基地として、その発展を今後も続けるためには、地震対策等の安全対策を充実し、ICの安定供給に努めることが不可欠である。

IC産業は、石油や化学、鉄鋼等の大重量、大容積の原料を使用して、大重量、大容積の製品を作り出す産業ではなく、地球上で最も大量にある無価値な砂の主要構成元素である珪素をほんの少量原料として用いて、重さ単価では、金やプラチナより遥かに高価なICチップを製造する産業である。

その輸送も、従来から、ジェット旅客機で行われており、世界の需要を満たすICを、最もIC製造にふさわしいインフラを有する日本ですべて製造したとしても、輸送や環境汚染等で問題となることはない。日本に世界のICメーカーが集い、世界のIC供給基地として、世界のIC需要をすべて賄うことも夢ではない。

このような日本のIC産業発展を現実のものとするためには、地震等の天災やガス爆発等の人災により、ICの安定供給が阻害されないように地震対策等の安全対策の充実が不可欠である。

日本が、真に、「世界のIC供給基地」となり、21世紀に向かって発展し続けるためには、IC製造の地震対策等の安全対策に必要な技術を開発し、世界に不安を与えないIC安定供給技術を確立することが真に必要とされている。

2. 電源OFF安全モード

「電源OFF安全モード」は、電気を切ると装置が安全に停止するモードであり、日本電子振興協会(JEIDA)からIC製造装置の安全規格として提案され、今日では、広く普及している⁶⁾。

電気は、何時停電するか分からないので、電気を使用する装置は、すべて、電気を切ると安全に停止できる機能を有することが求められる。「電気を切ると危ない」と言うのであれば、なおさらこの機能が不可欠である。

停電を防止する手段として、蓄電池を用いた無停電電源(CVCF)が市販されているが、無停電電

源そのものが故障することがあるので、停電を回避することは不可能である。したがって、「電源OFF安全モード」は、絶対に避けて通れない電気を使用する装置の基本機能である。

「電源OFF安全モード」は、IC製造装置の電源スイッチ、非常ボタン、ガス遮断、警報信号について規格を統一し、電気を切ると装置が安全に停止するようにしたIC製造装置のための安全規格である。

地震等の災害発生時には、クリーンルームからできるだけ速やかに避難することが求められているが、電気を切ると装置を安全に停止してくれる「電源OFF安全モード」は、クリーンルーム内作業者が装置停止等の操作に煩わされること無く、避難にのみ専念できるようにするために不可欠である。「電源OFF安全モード」の徹底が安全対策の基本であると言っても過言ではない。

以下では、「電源OFF安全モード」について、その機能および考え方について述べる。

2.1 電源スイッチに関する規格

電源スイッチについては、図-1に示すように、自己保持型電源スイッチに統一されている。このように規格化されているのは、停電が復旧しても、装置電源OFFの状態を維持し、装置が無人でひとりで稼働する危険を防止するためである。

電気は、電話、水道等とともにライフラインとして、一刻も早い復旧が望まれる。今回の阪神大震災では、停電の復旧とともに、無人になった部屋の電気ストーブ等にひとりでに通電されたことが原因と見られる火災が多発し問題となった。

電力会社では、地震後、このような事故を防止するため、停電すると自動的に抜けるコンセント等の開発を始めている。「電源OFF安全モード」のように電源スイッチを自己保持型電源スイッチに統一すると、停電が復旧しても作業者がリセットしない限り、装置電源が自動的にONにはならないので、停電復旧に伴い、装置が自動的に稼働することによる事故が防止できる。

また、図-1からわかるように、ガス漏洩検知器や他装置からの警報信号と連動して、装置を安全に停止するためには、電源スイッチの自己保持電流回路を警報信号により制御される接点で遮断することにより、電源遮断が行える。このようにして、ガス漏洩検知器や他装置からの警報信号に連動してIC製造装置を安全に停止することが可能である。

今回の阪神大震災においては、感震器に連動して、特殊材料ガス等の危険なガスが自動遮断されたが、「電源OFF安全モード」では、このような自動遮断を統一された規格により行える。

2.2 「非常ボタン」に関する規格

「非常ボタン」は、製造装置の突如の異常発生時に、装置を非常停止するボタンであり、装置を安全に使用するために不可欠である。IC製造ラインは、複数の業者から購入した装置で構成されるが、異常が発生した場合には、これら装置群

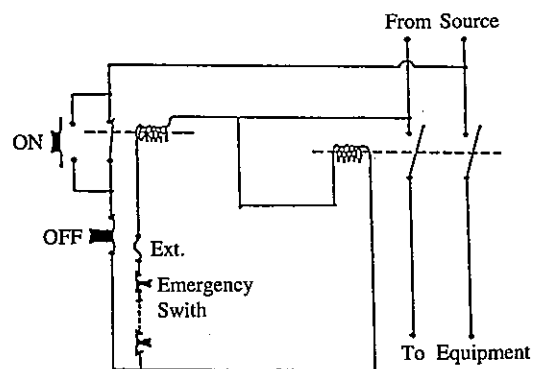


図-1
自己保持型電源スイッチ

が連動して安全に停止することが求められる。このため、「非常ボタン」は、すべてのIC製造装置に対し同じ規格に統一される必要がある。

「電源OFF安全モード」では、図-1に示すように、非常ボタンや各種警報装置等との連動のための外部端子が設けられており、この外部端子で、電源スイッチの自己保持電流を遮断すると、装置電源が遮断されるように統一されている。

装置本体と制御系、電源部のように複数の装置の組み合わせで構成されている装置の場合は、図-2に示すように、構成する装置のすべてに「非常ボタン」を設けるように規格化されている。

また、IC製造装置は、クリーンスペースとパワースペース（メンテナンススペース）に跨って設置される場合が多いが、このような場合は、図-3に示すように、どちらの領域にも「非常ボタン」を設置するように定められている。また、その設置位置についても、床から150±10cmの高さに統一することになっている。

2.3 ガス遮断に関する規格

「電源OFF安全モード」では、ガス遮断に関し、水素ガス、酸素ガスおよび半導体材料ガスのように可燃性、支燃性、引火爆発性、毒性等のある危険なガスには、常時閉（NC）型弁を使用し、窒素ガス等の不活性ガスには、常時開（NO）型弁を使用することにより、装置電源OFFに連動して、危険なガスが遮断され、不活性ガスにより自動的にパージされるようにガス遮断弁の使い分けが規格化されている。

実際には、電磁バルブと空気作動弁を組み合わせで使用し、電磁バルブで空気作動弁の開閉を制御する方式が多く使用されているが、この場合は、表-1に示すように、空気作動弁は、すべて、NC型に統一し、組み合わせる電磁弁がNO型かNC型かで全体としてNO型かNC型かに使い分けるように統一されている。図-4に、電磁弁と空気作動弁の組み合わせによる使用例を示す。

空気作動弁をNC型に統一するのは、空気作動弁の作動用圧力源として、パージ用不活性ガス、例え

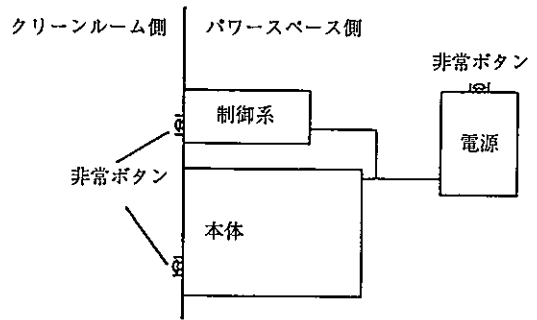


図-2
複数の個別装置で構成された装置での非常ボタンの設置方法

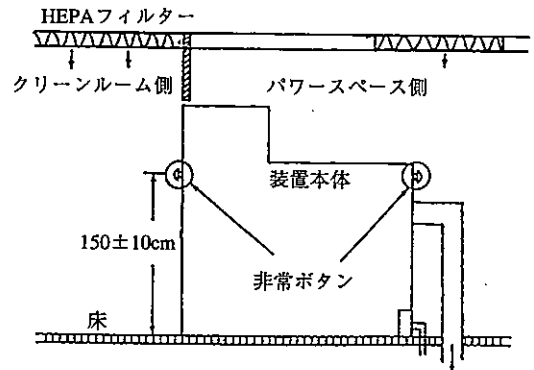


図-3
2つの領域にまたがる場合の非常ボタンの設置方法

表-1
電磁弁と空気作動弁の使い分け

	電磁弁	空気作動弁
特殊ガス	NC	NC
パージガス	NO	NC

ば、窒素ガスを共用し、その窒素ガス供給設備が地震等で破壊されたりしてその供給圧力が維持できなくなった場合、自動的に空気作動弁が遮断され、外部から空気が混入して爆鳴気が発生する等の事故を防止するためである。

空気作動弁の作動圧力源として、コンプレッサにより生成した高压空気が使用されるのが一般的となっているが、停電時には、空気作動弁の作動圧力源を配管系のバージに使用する窒素ガス等の不活性ガスに自動的に切り替えるように設備することにより、空気作動弁の動作圧力源は、バージに使用する不活性ガスと同じと見なすことができる。

NC型空気作動弁では、また、スプリングコイルの力によりガスが遮断されるので、遮断動作は、常に一定の強さの力で行われ、シール部材に必要な力を加え変形させることがなく、安定したガス遮断特性が得られる。一方、NO型では、遮断動作は、作動用空気圧によりシール部材にシール弁を押しつけ遮断されるため、作動空気圧が高くなると、シール部材が変形し、内部リークの発生の原因となる。「電源OFF安全モード」では、ガス遮断に使用する空気作動弁を、すべて、NC型に統一し、このような不具合発生を防止するとともに、確実に遮断できるようになっている。

2.4 警報信号等外部信号に関する規格

IC製造装置は、ガス漏洩検知器の警報信号や外部機器の警報信号に連動して、装置を緊急に停止する必要がある。例えば、水素ガス供給装置に異常が発生して水素ガスの供給が停止された場合、それに連動して、水素ガスを使用するIC製造装置も緊急に停止し、製造装置の水素ガスを窒素ガス等の不活性ガスでバージする必要がある。水素ガス供給が遮断された状態で、水素ガス使用装置側が何時までも水素使用状態を続けると、水素供給圧が低下し、空気が逆拡散する等により爆発する危険が生ずるからである。

また、排気設備に異常が発生して、排気機能が低下した場合も、排風センサに連動して、水素ガスや半導体材料ガス等の危険なガスを使用する装置を停止し、危険なガスを遮断するとともに、不活性ガスでバージする必要がある。

「電源OFF安全モード」では、このような警報に連動して装置を停止させる必要がある場合、警報信号に連動して、IC製造装置の電源を遮断するように統一しており、このため、警報信号は以下のように規格化されている。

1. 警報信号出力は、電圧信号か接点信号とする。
2. 警報電圧信号は、正常時を0ボルト、異常時を規定電圧とする。
3. 警報接点信号は、正常時を開（オープン）、異常時を閉（クローズ）とする。

誤報が多いため火災報知器の電源を切ったがために、実際の火災を報知できず大災害を引き起こ

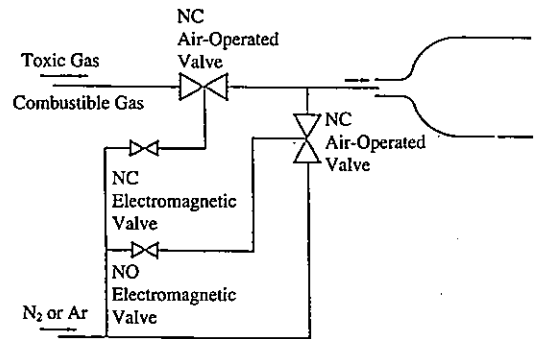


図-4
電磁弁と空気作動弁の組合せ方

した事例から、警報装置と連動させた場合の接続解除方法が問題となっている。一般には、警報機の電源を遮断するだけで、火災警報機との連動が容易に解除されるのが問題とされるが、責められるべきは、誤報の多い火災報知器であり、電源を切って警報装置との連動を容易に解除できることを責めるのは筋違いである。

誤報を防止するためには、警報装置の定期メンテナンスが不可欠である。メンテナンスをやり易くするためには、警報装置との接続切り離しを容易にしておく必要がある。このため、「電源OFF安全モード」では、警報信号に関する規定2項および3項からわかるように、正常時は電圧0ボルトまたはオープン接点信号であるので、警報装置からの警報信号線の接続を切り離しやすい規定となっている。

半導体製造クリーンルームにおいて、ガス漏洩検知器の警報発生に伴う点検作業中に発生した爆発事故により、作業員2名の死亡事故が発生したことは、記憶に新しい。誤報がなければ、「ガス漏洩警報が発生するとまず避難」し、危険なガスの供給を遮断し、パージを確認してから点検することが可能であるが、誤報が多いと、危険を犯して「まず点検」することになる。このような事故を防ぐには、現在のガス漏洩検知器では、メンテナンスを頻繁に行い誤報を防ぐことが重要である。

2.5 その他

「電源OFF安全モード」では、地震時の安全のため、IC製造装置をすべて耐震床固定することを提案している。耐震床固定に対しては、装置を床に固定すると地震の衝撃が直接装置に伝わり、被害を大きくするとの意見があり、固定に反対する意見もあるが、これまでのIC製造工場での地震被害状況から、耐震固定の必要性が認められてきている^{4)・7)}。

今後の問題としては、ステッパ等の床固定が技術的に困難な装置や、床に固定しても中身が飛び出すマスク保管庫、洗浄装置等に対する耐震固定技術の開発である。これらの装置を床に固定するためには、免震技術の導入がこれからの課題である。

「電源OFF安全モード」では、また、感震器と連動した装置の緊急停止が提案されている。今後、感震器での遮断レベルを幾らにするかが問題であるが、統一するための技術根拠が不明確であり、当分の間は、各IC工場の自主基準で対応せざるを得ない状況である。今回の阪神大震災の報告でも、150～250ガルが採用されている工場が多い。この場合、遮断レベルを低くすると安全サイドであると考えるのは誤りであり、注意が必要である。緊急遮断に連動して避難を開始する等の防災活動との連携が重要である。

2.6 「電源OFF安全モード」と地震対策

半導体製造クリーンルームでの地震対策の基本として、人命優先の考えが広く定着してきている。これは、半導体工場の生産規模の拡大にとまらぬ、操業停止による経済的損失が大きくなり、人損が発生すると、事故調査と再発防止が課せられ、操業再開が遅れることによる損失が大きくなったことにもよる。

半導体製造は、微細な塵埃の侵入さえ防止するため外部と厳重に隔離された密閉空間であるクリーンルーム内で、有害で引火爆発性等のある危険なガス、薬品を使用して行われるので、火災や地震等の災害発生時には、できるだけ早く安全な場所に避難できるようにする「避難優先」が作業者の

安全確保のためには不可欠である。このため、装置電源を遮断したり、ガスボンベ元栓を締める等の処置をしてから避難するのではなく、装置電源遮断やガスボンベ元栓遮断は、感震器に連動して自動的に遮断し、地震が発生したら直ちに、安全な場所に避難できるようにする対策が求められている。

「電源OFF安全モード」は、装置電源を遮断すると装置が安全に停止するので、地震等の災害発生時には、装置電源をクリーンルームの外から一括遮断したり、感震器に連動させて遮断することにより、安全に停止することができる。したがって、「電源OFF安全モード」は、「避難優先」の徹底を図るために不可欠なIC製造装置安全規格である。

「電源OFF安全モード」の普及に伴い、今日では、「避難優先」がいかに実施されたかを見ることにより、そのIC工場の地震対策の進み具合を知る指標となってきた。

1987年12月17日11時8分頃発生した千葉県東方沖地震では、日立茂原工場が震度7(400ガル)の地震被害を受けた⁸⁾。ほとんどのIC製造装置が移動し、計測機器類は、落下転倒し、床に敷かれていたグレーチングが飛び出し、ルーバーが落下、洗浄槽からは純水が飛散し、配管、ダクトがダメージを受ける等の危険な状態であり、有毒ガスや危険な薬品の漏洩により、作業者に危害を及ぼすような災害が発生しても不思議ではない状況となったが、幸いにも、人身事故だけは発生しなかった。

このような危険な状況であるにもかかわらず、何もしないで直ちに避難した作業者は、全体の1/4程度であり、残り3/4の作業者は、ボンベ元栓を締めたり、装置電源を切ったり、他の作業者に指示して装置を停止させる等により、クリーンルーム内に留まっていたことが報告されている。しかも、クリーンルーム内に留まって装置を停止させる等の行動を取ったのは日頃の訓練の成果であるとし、危険を犯しても、装置の被害をくい止めることを優先していたことが報告されている。

今回の阪神大震災のこれまでの報道や報告を見る限りでは、避難優先を実施した最先端のクリーンルームがある一方で、点検を優先している旧態然としたクリーンルームが見受けられ、いまだ、「避難優先」に差があることがわかった。このような格差は、「電源OFF安全モード」普及に格差があるためと考えられる。

阪神大震災でも、IC工場によっては、千葉県東方沖地震の日立茂原工場と同じような被害が発生しており、運良く人身事故だけは発生しなかったが、一歩間違えばといった状況であり、より一層の地震対策の徹底が必要であることがわかった⁷⁾。

何時停電するか分からない電気を使用しているにもかかわらず、「電気を切ると危ない」という言い方は、これまでよく耳にしてきたが、最近では、このような考え方は、迷信と認識されるようになってきている。本当に停電が危ないと考えるのであれば、無停電電源を設備したり、停電しても冷却水の供給が可能な冷却水塔を建設する等により停電時の安全確保を図るべきである。迷信を放置すると、実際に災害が発生した場合に、間違った判断や行動を誘導し、災害を大きくすることになる。

「電源OFF安全モード」は、このような迷信の打破にも効果がある。「電源OFF安全モード」の普及により、「電気を切ると危ない」ということの矛盾に気づき、このような迷信を打破し、正しい判断ができることが地震対策等の安全対策では重要である⁹⁾。

半導体製造における地震対策ハンドブック 索引

《英字》

ACSバルブ.....	120
CEの被害.....	142
ECRネットワーク.....	122
HMDS.....	220
SERシステム.....	122

《50音》

【あ行】

アライメント精度.....	204
安全確認型C/C.....	123
イオン交換繊維フィルタ.....	228
インラインガス濃度計（赤外線分析計）.....	123
エンパイロメンタルチャンバ.....	211
オイルダンパ.....	111
屋内配管の被害.....	144
オンサイト.....	149
温度スイッチ.....	133

【か行】

カードルの被害.....	143
外管ベロー部.....	141
ガス局所供給設備.....	154
ガス集合装置の被害.....	143
ガス集中供給設備.....	164
ガスクラップ.....	200
ガス耐震関連法規.....	146

ガストラップ.....	140
可燃性有機溶剤.....	225
気液分離器.....	140
機器免震装置.....	114
現像液.....	204
高圧ガス設備等耐震設計基準.....	146
高圧ガス設備の被害.....	142
高圧ガス取締法.....	149
高減衰積層ゴム.....	110
高純度.....	149
コータ/デベロッパ.....	219
固体高分子電解質膜.....	150
固体高分子燃料電池.....	130
誤報.....	6
銅棒ダンパ.....	111
コンプレッサー.....	164

【さ行】

サブクーラー.....	139
酸素ガス.....	149
自己昇圧.....	164
支承（滑り支承, ばね支承）.....	109, 111
自動消火システム.....	227
真空断熱配管システム.....	139
水素ガス.....	149
水素吸蔵合金容器.....	130
スーパーインスレーション.....	137
ステッパ.....	204
滑り支承.....	109, 111
積層ゴム.....	110

【た行】			
炭化水素用FID式検知器	130	プレファブのスポール	139
ダンパ	110	ペリクル	206
超純水	154	ベントバルブ	140
低温バルブ	140	防災管理	253
ディフェクト	205	防災対策用品	247
電気分解	154	【ま行】	
電源OFF安全モード	2, 12, 25	免震技術の歴史	106
トレーラーの被害	143	免震の原理	105
【な行】		免震ビル	113
鉛入積層ゴム	110	免震ビル用免震装置	113
鉛ダンパ	111	【や行】	
入退室者管理システム	31	床免震装置	114
粘弾性ダンパ	111	容器置場の被害	144
【は行】		【ら行】	
排気ダクトの被害	144	リソグラフィ	203
バイヨネット継手	138	リタンダンパ閉止スイッチ	9
パターンルール	205	レジスト	204
ばね支承	109	レチクル	203
ファントホッププロット	132	レンズディストーション	214
フラッシュロス	137		