

SEMI S2-1016b

반도체 제조장비에 대한 환경안전보건 가이드라인

ENVIRONMENTAL, HEALTH, AND SAFETY GUIDELINE FOR SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT

NOTICE: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any language, the English version is the official and authoritative version.

주의: 본 한글본은 참고용으로, 영문원본과 한글본간에 차이가 발생할 경우, 영문원본을 우선으로 해야합니다. 본 한글본에 대한 문의사항이 있는 경우 krstandards@semi.org로 문의바랍니다.

본 안전 가이드라인은 국제 Environmental Health & Safety Technical Committee 에서 승인하였다. 이 판본은 국제 Audits and Reviews Subcommittee 에서 2017 년 2 월 2 일에 발행을 승인하였다. 2017 년 3 월부터 www.semiviews.org 및 www.semi.org 에서 이용 가능하다. 최초 발행년도는 1991 년이며, 2017 년 2 월에 이전 판본이 발생되었다.

NOTICE: 'NOTE'로 표기된 내용은 본 안전 가이드라인의 공식적인 내용이 아니며 공식적인 안전 가이드라인보다 우선하여 적용될 수 없다. 이는 안전 가이드라인의 보다 유용한 활용을 유해 위원회가 제공한 것이다.

NOTICE: 본 문서는 국제 Environmental Health & Safety Global Technical Committee 의 투표를 거쳐 허가된 내용이지만 즉시 발효된 것은 아니다. 본문의 내용 중 수정된 내용은 Delayed Revisions Sections 1, 2, 3, 4 번 항목에 기재된 적용일 이후에 효력을 갖는다. 본 정보의 제공은 효력 발생일 이전까지는 본 문서의 유효한 부분으로 간주되지 아니한다. SEMI S2-0715 의 본문은 유효한 버전에 속한다. 본 개정 내역에서 아직 효력이 발휘되지 않은 일부 혹은 전체 조항이 효력 발생일 이전에 효력을 가질 수 있으나, 이는 그 내용이 유예된 개정본의 일부로, 수정되거나 교체될 부분이 아닌, 이미 효력을 가지고 있는 다른 부분과 충돌되지 않는다는 조건으로 가능하다. 그리고 이러한 경우 별도 표기되었다. 아직 효력이 발휘되지 않은 개정판으로 대체될 내용보다는 그 상태를 나타내는 NOTICE 가 우선한다.

목차

1 목적(Purpose).....	5
2 범위(Scope).....	5
3 제한 사항(Limitations)	5
4 참조 표준 및 문서(Referenced Standards and Documents)	5
5 용어(Terminology).....	8
6 안전 철학(Safety Philosophy)	15

7 일반 조항(General Provisions)	16
8 평가 과정(Evaluation Process)	17
9 사용자에게 제공되는 문서(Documents Provided to User).....	21
10 유해위험요인 경고 라벨(Hazard Alert Labels).....	23
11 안전 인터록 시스템(Safety Interlock System)	23
12 비상 정지(Emergency Shutdown)	25
13 전기 설계(Electrical Design)	27
14 화재예방(Fire Protection).....	31
15 공정용 액체 가열 시스템(Process Liquid Heating Systems)	38
16 인체공학과 인적 요소(Ergonomics and Human Factors)	38
17 위험 에너지 차단(Hazardous Energy Isolation)	38
18 기계 설계(Mechanical Design).....	40
19 지진 보호(Seismic Protection).....	48
20 자동화 물질 핸들러(Automated Material Handlers)	50
21 환경적 고려사항(Environmental Considerations)	51
22 배기식 환기장치(Exhaust Ventilation).....	53
23 화학물질(Chemicals).....	55
24 전리 방사선(Ionizing Radiation).....	57
25 비전리 방사선과 영역(Non-Ionizing Radiation and Fields)	59
26 레이저(Lasers)	60
27 음압 레벨(Sound Pressure Level).....	62
28 관련 문서(Related Documents)	63
APPENDIX 1 액상 화학물 사용 장비에 대한 설계 가이드라인 - 내부와 제 3 자 평가의 이용을 위한 설계와 시험 방법 보충자료(DSIGN GUIDELINES FOR EQUIPMENT USING LIQUID CHEMICALS — Design and Test Method Supplement Intended for Internal and Third Party Evaluation Use)	64
APPENDIX 2 전리 방사선 시험 확인 - 내부 및 제 3 자 평가 사용을 위한 설계 시험방법 보충자료(IONIZING RADIATION TEST VALIDATION — Design and Test Method Supplement Intended for Internal and Third Party Evaluation Use)	66
APPENDIX 3 비-전리 방사선과 전자기장 노출 한도 기준 및 시험 확인(EXPOSURE CRITERIA AND TEST METHODS FOR NON-IONIZING RADIATION(OTHER THAN LASER) AND ELECTROMAGNETIC FIELDS)	68

APPENDIX 4 화재 예방: 구성재료 선정을 위한 플로우 차트(Flowchart for Selecting Materials of Construction)	76
APPENDIX 5 레이저 데이터 시트(LASER DATA SHEET — SEMI S2)	77
RELATED INFORMATION 1 장비/제품의 안전 프로그램(EQUIPMENT/PRODUCT SAFETY PROGRAM)	81
RELATED INFORMATION 2 유용한 추가 표준(ADDITIONAL STANDARDS THAT MAY BE HELPFUL)	87
RELATED INFORMATION 3 EMO 도달거리에 대한 고려사항(EMO REACH CONSIDERATIONS)	90
RELATED INFORMATION 4 지진 보호(SEISMIC PROTECTION)	91
RELATED INFORMATION 5 지속적인 위험가스 감지(CONTINUOUS HAZARDOUS GAS DETECTION)	97
RELATED INFORMATION 6 변경에 대한 논리적 근거를 포함한 전리 방사선의 문서화(§ 24 및 APPENDIX 2)(DOCUMENTATION OF IONIZING RADIATION(§ 24 AND APPENDIX 2) INCLUDING RATIONALE FOR CHANGES)	99
RELATED INFORMATION 7 변경에 대한 논리적 근거를 포함한 비전리 방사선의 문서화(§ 25 및 APPENDIX 3)(DOCUMENTATION OF NON-IONIZING RADIATION(§ 25 AND APPENDIX 3) INCLUDING RATIONALE FOR CHANGES)	102
RELATED INFORMATION 8 레이저 장비 안전 요소(LASER EQUIPMENT SAFETY FEATURES)	105
RELATED INFORMATION 9 지역별 사용을 위한 레이저 인증요청(LASER CERTIFICATION REQUIREMENTS BY REGION OF USE)	107
RELATED INFORMATION 10 기타 사용지역의 요구사항(OTHER REQUIREMENTS BY REGION OF USE)	109
RELATED INFORMATION 11 조명탑의 색상 및 청각 경보 코드(LIGHT TOWER COLOR AND AUDIBLE ALERT CODES)	111
RELATED INFORMATION 12 표면 온도 문서(SURFACE TEMPERATURE DOCUMENTATION)	112
RELATED INFORMATION 13 연동 인터록(SOLID STATE INTERLOCK) 및 EMO 와 함께 페일-세이프(fail-safe) 장비의 제어설비 선택과 설계에 대한 권장 사항(RECOMMENDATIONS FOR DESIGNING AND SELECTING FAIL-TO-SAFE EQUIPMENT CONTROL SYSTEMS(FECS) WITH SOLID STATE INTERLOCKS AND EMO)	116
RELATED INFORMATION 14 소화설비에 대한 추가 고려사항(ADDITIONAL CONSIDERATIONS FOR FIRE SUPPRESSION SYSTEMS)	132
RELATED INFORMATION 15 원격 작동(Remote Operation)	136
RELATED INFORMATION 16 장비 배기가스 환기장치 평가에 대한 시험 방법과 설계 원칙(DESIGN PRINCIPLES AND TEST METHODS FOR EVALUATING EQUIPMENT EXHAUST VENTILATION — Design and Test Method Supplement Intended for Internal and Third Party Evaluation Use)	139
RELATED INFORMATION 17 안전 기능에 대한 추가지침(ADDITIONAL GUIDANCE FOR SAFETY FUNCTIONS)	148
DELAYED REVISIONS 1 (2018 년 7 월 시행) 페일 세이프 설비 제어 시스템 개정(FAIL-TO-SAFE EQUIPMENT CONTROL SYSTEMS REVISION)	159

DELAYED REVISIONS 2 (2018 년 7 월 시행) 플랫폼, 내부 계단(STAIRS), 사다리 및 높은 곳과 관련된 추가 항목(ADDITIONS RELATED TO PLATFORMS, STAIRS, LADDERS AND ELEVATED LOCATIONS)	161
DELAYED REVISIONS 3 (2018 년 7 월 이후 효력 발생) § 19 지진 보호(Seismic Protection)로 개정(REVISION TO § 19 Seismic Protection).....	184
DELAYED REVISIONS 4 (2018 년 7 월 이후 효력 발생) 화학적 노출 기준(CHEMICAL EXPOSURE CRITERIA)	199

SUPERSEDED

1 목적 (Purpose)

1.1 본 안전 가이드라인은 반도체 제조 장비에 대한 성능 기반의 환경, 보건 및 안전(EHS)을 포괄하는 고려 사항으로 의도된 것이다.

2 범위 (Scope)

2.1 *적용 가능성 (Applicability)* — 본 안전 가이드라인은 반도체 제품을 제조, 측정, 조립 및 시험하는 데 사용되는 장비에 적용된다.

NOTE 1: SEMI S2 의 이전 개정판에서 ¶2.2 에 표시된 섹션 번호와 제목은 목차에 있는 문서의 주요 부분 앞부분으로 옮겨졌다.

2.2 *제/시된 소요 항목의 우선 순위 기준 (Precedence of Sectional Requirements)* — 본 안전 가이드라인의 내용들 간에 차이가 있는 경우, 기술적인 문제를 기술한 섹션이 일반적인 내용을 기술한 섹션보다 우선한다.

NOTICE: SEMI Standards and Safety Guideline 은 그 사용과 관련된 모든 안전상의 문제를 언급하고자 하는 것이 아니다. 사용에 앞서 안전 및 보건의 적절한 실무계획을 세우고 규제나 기타 제한 사항을 결정하는 것은 본 안전지침 사용자의 책임이다.

3 제한 사항(Limitations)

3.1 본 안전 가이드라인은 공급자와 사용자가 EHS 고려 사항에 대한 참조 자료로 이용할 수 있도록 하기 위한 것이다. 본 관련 정보는 각 지역에서의 규제요건의 준수 여부를 검증할 의도를 담고 있지 않다.

3.2 본 안전 가이드라인의 철학은 반도체 제조장비에 적용되는 EHS 의 세부적인 설계 기준 전체를 제공하는 것이 아니다. 본 안전 가이드라인은 특정 산업에 적용되는 기준을 제공하고, 반도체 제조장비를 설계할 때 고려해야 할 국제 법규, 규칙, 표준 및 조항 중의 일부에 대한 자료를 제공하고자 하는 것이다.

3.3 이는 본 안전 가이드라인의 소급 적용을 의도하는 것은 아니다.

3.3.1 장비의 EHS 측면에 중대한 영향을 미치는 재 설계가 포함된 장비 모델은 최신 버전의 SEMI S2 를 준수해야 한다.

3.3.2 SEMI S2 의 이전 버전에 의해 접근되었던 모델과 하부 설비들은 이전 버전을 준수하거나, 혹은 더 최근에 간행된 문서의 내용을 준수해야 하며, 본 판본의 조항의 영향을 받지 않는다.

3.4 많은 경우, 표준에 대한 참조 문서는 본 안전 가이드라인에 포함되어 있다. 이들 참조 문서는 전체 표준의 적용이 아니라 참조하는 섹션만 적용하도록 의도된 것이다.

4 참조 표준 및 문서(Referenced Standards and Documents)

4.1 *SEMI 표준 및 안전 가이드라인 (SEMI Standards and Safety Guidelines)*

SEMI E6 — Guide for Semiconductor Equipment Installation Documentation

SEMI F5 — Guide for Gaseous Effluent Handling

SEMI F14 — Guide for the Design of Gas Source Equipment Enclosures

SEMI F15 — Test Method for Enclosures Using Sulfur Hexafluoride Tracer Gas and Gas Chromatography (Withdrawn 1011)

SEMI S1 — Safety Guideline for Equipment Safety Labels

SEMI S3 — Safety Guideline for Process Liquid Heating Systems

SEMI S6 — EHS Guideline for Exhaust Ventilation of Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S7 — Safety Guideline for Evaluating Personnel and Evaluating Company Qualifications

SEMI S8 — Safety Guideline for Ergonomics Engineering of Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S10 — Safety Guideline for Risk Assessment and Risk Evaluation Process

SEMI S12 — Environmental, Health and Safety Guideline for Manufacturing Equipment Decontamination

SEMI S13 — Environmental, Health and Safety Guideline for Documents Provided to the Equipment User for Use with Manufacturing Equipment

SEMI S14 — Safety Guidelines for Fire Risk Assessment and Mitigation for Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S22 — Safety Guideline for the Electrical Design of Semiconductor Manufacturing Equipment

4.2 ANSI 标准 (ANSI Standards)¹

ANSI/RIA R15.06 — Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements

ANSI/ISA 84.00.01 — Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector

4.3 CEN/CENELEC 标准 (CEN/CENELEC Standards)²

CEN EN 775 — Manipulating Industrial Robots – Safety

CEN EN 1050 — Safety of Machinery – Principles of Risk Assessment

CEN EN 1127-1 — Explosive Atmospheres – Explosion Prevention and Protection – Part 1: Basic Concepts and Methodology

4.4 DIN 标准 (DIN Standards)³

DIN V VDE 0801 — Principles for Computers in Safety-Related Systems

4.5 IEC 标准 (IEC Standards)⁴

IEC 60825-1 — Safety of Laser Products – Part 1: Equipment Classification, Requirements

IEC 61010-1 — Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use – Part 1: General Requirements

IEC 61508 — Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems

¹ American National Standards Institute, 25 West 43rd Street, New York, NY 10036, USA; Telephone: +1.212.642.4900, Fax: +1.212.398.0023, <http://www.ansi.org>

² European Committee for Standardization, Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels; Telephone: +32.2.550.08.11, Fax: +32.2.550.08.19, <http://www.cen.eu>

³ Deutsches Institut für Normung e.V., Available from Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstrasse 4-10, D-10787 Berlin, Germany; <http://www.din.de>

⁴ International Electrotechnical Commission, 3 rue de Varembe, Case Postale 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland; Telephone: +41.22.919.02.11, Fax: +41.22.919.03.00, <http://www.iec.ch>

4.6 IEEE 표준 (IEEE Standards)⁵

IEEE C95.1 — Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz

4.7 ISO 표준 (ISO Standards)⁶

ISO 2415 — Forged Shackles for General Lifting Purposes Dee Shackles and Bow Shackles

ISO 10218-1 — Robots and Robotic Devices – Safety Requirements for Industrial Robots – Part 1: Robots

ISO 13849-1 — Safety of Machinery – Safety-Related Parts of Control Systems – Part 1: General Principles for Design

4.8 NFPA 표준 (NFPA Standards)⁷

NFPA 12 — Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems

NFPA 13 — Standard for the Installation of Sprinkler Systems

NFPA 72 — National Fire Alarm and Signaling Code

NFPA 497 — Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous(Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas

NFPA 704 — Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response

NFPA 2001 — Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems

4.9 Underwriters Laboratories(UL) 표준 (Underwriters Laboratories Standards)⁸

UL 508A — Standard for Industrial Control Panel

4.10 US Code of Federal Regulations⁹

21 CFR Parts 1000–1050 — Food and Drug Administration/Center for Devices and Radiological Health(FDA/CDRH), Performance Standards for Electronic Products, Title 21 Code of Federal Regulations, Parts 1000–1050

4.11 기타 표준 및 문서 (Other Standards and Documents)

ACGIH, Industrial Ventilation Manual¹⁰

ASHRAE Standard 110 — Method of Testing Performance of Laboratory Fume Hoods¹¹

Burton, D.J., Semiconductor Exhaust Ventilation Guidebook¹²

⁵ Institute of Electrical and Electronics Engineers, 3 Park Avenue, 17th Floor, New York, NY 10016-5997, USA; Telephone:+1.212.419.7900, Fax:+1.212.752.4929, <http://www.ieee.org>

⁶ International Organization for Standardization, ISO Central Secretariat, 1, ch.de la Voie-Creuse, CP 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland; Telephone:+41.22.749.01.11, Fax:+41.22.733.34.30, <http://www.iso.org>

⁷ National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269, USA; Telephone:+1.617.770.3000, Fax:+1.617.770.0700, <http://www.nfpa.org>

⁸ Underwriters Laboratory, 2600 N.W.Lake Road, Camas, WA 98607-8542, USA; Telephone:+1.877.854.3577, Fax:+1.360.817.6278, <http://www.ul.com>

⁹ United States Food and Drug Administration/ Center for Devices and Radiological Health(FDA/CDRH). Available from FDA/CDRH; <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm>

¹⁰ ACGIH, 1330 Kemper Meadow Road, Cincinnati, OH 45240, USA. <http://www.acgih.org>

¹¹ ASHRAE, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GE 30329, USA. <http://www.ashrae.org>

¹² IVE, Inc., 2974 South Oakwood, Bountiful, UT 84010, USA. <http://www.eburton.com>

Uniform Building Code™(UBC)¹³

Uniform Fire Code™¹⁴

NOTICE: 달리 언급된 바가 없다면, 언급된 모든 문서는 가장 최근에 간행된 판본을 의미한다.

5 용어(Terminology)

NOTICE: § 5 에 대한 내용은 Delayed Revisions Section 2 및 4 에 기술된 바와 같이 2018 년 7 월 간행본부터 수정된다. Environmental Health & Safety Global Technical Committee 에서는 아직 공식 문서로서 유효하지 않은 내용을 적용하는 것은 사용자의 선택에 따르도록 권고한다.

5.1 약어와 동의어(Abbreviations and Acronyms)

5.1.1 ACGIH® — 미 산업위생전문가 협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH 는 미 산업위생전문가 협회의 등록 상표임.)

5.1.2 ASHRAE — 냉난방 공조 협회(American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers)

5.1.3 MPE — 최대 허용 노광량(maximum permissible exposure)

5.1.4 NOHD — 공칭 눈 위험 영역(nominal ocular hazard distance)

5.2 정의(Definitions)

NOTE 2: SEMI S2 와 SEMI S10 의 이전 버전을 이용하여 작성된 보고서를 이해하기 위해서는 SEMI S2-0703 과 SEMI S10-1296 에 기술된 hazard, likelihood, mishap, severity, risk 등과 같은 용어의 이해가 선행되어야 한다.

5.2.1 중지 스위치(abort switch) — 화재감지 또는 소화 시스템의 작동을 중단시키기 위한 스위치.

5.2.2 공인시험기관(accredited testing laboratory) — 부품, 장치, 설비의 시험을 수행할 수

있도록 정부기관 또는 관련 기관에 의해 허가를 취득한 시험기관.

5.2.3 기준(baseline) — 본 문서 내에서 “기준(baseline)”은 화학 처리를 포함하여, 장비가 설계되고 제작된 대로 가동되기 위한 조건들(정상운전 조건들)을 말한다.

5.2.4 호흡 영역(breathing zone) — 머리 주변의 반지름 600 mm(2 ft)의 가상의 구(球).

5.2.5 포획 속도(capture velocity) — 배기후드 앞의 어느 부분이나 배기후드 개구부에서 역방향의 공기흐름을 극복하고 오염된 공기를 포획하여 배기후드로 잡아들일 수 있는 공기의 속도.

5.2.6 발암물질(carcinogen) — 국제암연구기구(International Agency for Research on Cancer, IARC) 또는 권위 있는 기관에서 정의된 암을 일으킨다고 의심되거나 확인된 물질.

5.2.7 화학물질 분배시스템(chemical distribution system) — 원료에서 웨이퍼 제조공정의 사용지점까지 공정 화학물질을 제어, 이송하기 위해 반도체 제조시설에 사용되는 구성품과 하부 시스템의 모음.

¹³ International Conference of Building Officials, 5360 Workman Mill Road, Whittier, CA 90601-2298, USA. <http://www.icbo.org>

¹⁴ International Fire Code Institute, 5360 Workman Mill Road, Whittier, CA 90601-2298, USA. <http://www.ifci.org>

5.2.8 클린룸(cleanroom) — 공기 중 먼지 농도를 특정 수치 이하로 제어하는 구역.

5.2.9 가연성 물질(combustible material) — 본 안전 가이드라인의 목적상, 가연성 물질은 화염을 전파하는 모든 물질(점화원의 지속유무를 막론하고 점화지역 너머로 나가는)이며, 본 섹션에서 정의된 불연성 물질과는 다르다. 불연성 물질의 정의를 참조한다.

5.2.10 장비(equipment) — 가동을 실행하기 위해 사용되는 기계, 기구, 공정 모듈, 또는 장치의 특정 부분. "장비"라는 용어는 장비의 고장으로 손상될 수 있는 모든 제품(예: 기판, 반도체)에는 적용하지 않는다.

5.2.11 표면 속도(face velocity) — 배기후드 진입부의 횡단면에서의 공기의 속도.

5.2.12 편의화(facilitization) — 시설이나 서비스의 제공.

5.2.13 페일-세이프(fail-safe) — 고장으로 인해 위험 가능성이 증가되지 않도록 설계.

NOTE 3: 예를 들어, 고장이 발생한 경우 페일-세이프(fail-safe) 온도제한 장치는 조절불가온도를 나타낸다. 이로 인해 공정이 중단될 수는 있으나 고장 시 실제 온도와 관계없이 온도가 제어 한계 내에 있다고 표시되는 장비보다 공정안정성 측면에서 더 선호된다

5.2.14 페일 세이프 장비 제어 시스템(fail-to-safe equipment control system(FECS)) — ISO 13849-1(EN 954-1) 또는 IEC 61508, ANSI/ISA 84.00.01 와 같은 인정기준에 따라 설계되고 실행되는 제어 회로로, 안전과 관련된 프로그래밍이 가능한 시스템. 이 시스템들은(즉, 안전프로그램 가능한 논리 제어장치(PLC), 안전관련 입출력(I/O) 모듈) 장비를 안전한 상태로 복구되도록 내외부 결함을 진단하고 감지된 결함에 반응한다.

NOTE 4: FECS 는 IEC 61508-4 에 정의된 바에 따라 programmable electronic system(PES)의 하부시스템이다.

NOTE 5: FECS 설계 적용 시 Related Information 13 을 참조한다.

5.2.15 고장(failure) — 요구된 기능을 실행하는 기구의 능력상실. 고장은 어떤 사건을 말하며, 상태를 나타내는 "결함(fault)"과 구별된다.

5.2.16 결함(fault) — 요구된 기능을 실행할 수 없는 상태. 예비 유지보수 중의 작동 불가 또는 기타 계획된 조치 또는 외부 자원의 부족에 기인한 것은 제외한다.

5.2.17 결함허용(fault-tolerant) — 예측 가능한 한 지점의 고장으로 불안정한 상태가 일어나지 않도록 설계함.

5.2.18 인화성 가스(flammable gas) — 20°C(68°F) 및 101.3KPa(14.7 psia)에서 공기 중 인화성 혼합물을 형성하는 모든 기체.

5.2.19 인화성 액체(flammable liquid) — 인화점이 37.8°C(100°F) 미만인 액체.

5.2.20 인화점(flash point) — 액체가 액체 표면 근처 또는 사용된 시험 용기 내부의 공기와 인화성 혼합물을 형성하기에 충분한 증기를 방출하는 최소 온도.

5.2.21 가스 실린더 캐비닛(gas cylinder cabinet) — 하우징 가스 실린더에 사용되며 가스 분배 파이프 또는 가스를 사용하는 장비에 연결되는 캐비닛. 동의어: 가스 캐비닛(gas cabinet).

5.2.22 가스 패널(gas panel) — 공정에 공급되는 유체의 흐름을 조절하는 유체조절부품을(예: 밸브, 필터, 질량유량 제어장치(MFC)) 배치한 것. 동의어: 가스 정글(gas jungle), 정글(jungle), 가스조절밸브(gas control valve), 밸브(valve), 집합관(valve manifold).

5.2.23 가스 패널 엔클로저(gas panel enclosure) — 가스 패널에서 누출될 수 있는 가스를 안으로 모을 수 있게 설계한 격리공간. 동의어: 정글 엔클로저(jungle enclosure), 가스 박스(gas box), 밸브 분배기 박스(valve manifold box).

5.2.24 상해(harm) — 사람의 건강상에 발생하는 물리적 부상이나, 장비, 건물, 환경 상의 훼손 및 피해.

5.2.25 유해위험요인(hazard) — 손상이 생길 수 있는 잠재성을 가진 상태.

5.2.26 위험 전력(hazardous electrical power) — 240VA 이상의 전력 수치.

5.2.27 위험 물질(hazardous production material(HPM)) — NFPA 704 에서 정해진 순위에 따라 위험도가 3-4 등급 정도의 건강, 인화성, 반응성을 갖는 고체, 액체, 기체를 말한다. 이는 위험하지 않는 최종생산물을 생산하는 연구소, 시험실 또는 생산공정에 직접적으로 사용된다.

5.2.28 위험 전압(hazardous voltage) — 장비에 적용 가능하다고 해당 국제기준에서 특별히 정하지 않은 경우, 30 volts rms 의 전압, 42.4 volts 피크전압, 60volt 의 DC 를 초과하는 전압은 위험 전압으로 본 문서에 정의되어 있다.

NOTE 6: 여기서 명시된 수치는 건조한 곳에서 일반적 상황에 기초한 것이다.

5.2.29 경첩 하중(hinged load) — 경첩 축이 수직이 아닌 상황에서 경첩에 의해 지지되는 하중.

5.2.30 후드(hood) — 이 안전 가이드라인의 § 22 문맥에서 '후드'는 오염된 공기를 포집하여 배기 덕트 시스템으로 전달하도록 설계된 입구를 의미한다.

5.2.31 비호환성(incompatible) — 화학 물질에 적용되는 것이 안전 가이드라인의 § 23 문맥에서, 의도하지 않게 결합되었을 때, 위험한 조건을 만들 수 있는 에너지를 방출하면서, 폭발적으로 또는 통제되지 않은 방식으로 반응할 수 있는 화학 물질을 기술한다.

5.2.32 의도된 반응 생산물(intended reaction product) — 반도체 제조 공정의 기능적 부분으로서 의도적으로 생성되는 화학 물질.

5.2.33 인터록(interlock) — 기계적, 전기적 또는 기타 유형의 장치나 시스템으로 특정상황에서 특정 기계의 어느 한 요소의 가동을 중단 또는 방지하기 위한 것.

5.2.34 전리 방사선(ionizing radiation) — 알파입자, 베타입자, 감마선, 엑스레이, 중성자, 고속전자, 고속양자 그리고 인체 조직에서 이온을 생산할 수 있는 기타 입자들.

5.2.35 레이저(laser) — 제어된 자극된 방출 과정에 의해, 1 차적으로 180 nm - 1 mm 파장의 전자기적 방사선을 생산 또는 증폭시키도록 만들어진 장치.

5.2.36 레이저 제품(laser product) — 레이저나 레이저 시스템(레이저 다이오드 포함)을 구성하여 결합하는 제품이나 부품의 조립, 또는 제자 제품의 부품으로서, 다른 제조자에게 사용(또는 구성부품 교체)하기 위해 판매되지 않는다.

5.2.37 레이저 공급원(laser source) — 전자, 이온 및 분자를 활성화시키기 위한 에너지를 공급하기 위해 레이저와 연계되어 사용할 수 있도록 고안된 장치. 주 전력 공급 장치와 같이 일반적 에너지 공급원은 레이저 에너지 공급원으로 간주될 수 없다.

5.2.38 레이저 시스템(laser system) — 추가로 통합된 구성부품의 유무를 막론하고, 해당 레이저 공급원과 연결된 레이저.

5.2.39 리프팅 액세서리(lifting accessory) — 리프팅 고정장치의 일부이거나 리프팅 기기가 적재품을 들어 올리는데 사용되는 연결된 요소(예: 아이훅, 새클, 리프팅 고리, 와이어로프, 체인, 아이볼트).

5.2.40 리프팅 기기(lifting device) — 유지보수 작업 중 적재품을 들어 올리고 내리기 위해 제공되는 기계적 혹은 전자기계적인 구조물. 하나 혹은 그 이상의 수평 방향으로 이동 가능함.

5.2.41 리프팅 장비(lifting equipment) — 리프팅 기기, 리프팅 고정장치, 리프팅 액세서리.

5.2.42 리프팅 고정장치(lifting fixture) — 리프팅 기기와 적제품 간에 사용되는 기계적 장치나 리프팅 액세서리(예: 아이훅, 새클, 리프팅 고리, 와이어로프, 체인, 아이볼트).

5.2.43 가능성(likelihood) — 사고가 일어날 것으로 예상되는 빈도. 일반적으로 비율로 표시(예: 연간, 생산물 당, 처리된 기판(substrate)당 이벤트).

5.2.44 국소 배기 환기(local exhaust ventilation) — 국소 배기 환기는 공기정화나 처리장치를 통하여 근처의 오염물질을 포집하고 외부 환경으로 오염물을 이동시킨다. 층류 환기와 혼동해서는 안 된다. 동의어: LEV, 국소 배기, 메인 배기, 추출 설비, 모듈 배기, 개별 배기.

5.2.45 폭발 하한계(lower explosive limit) — 발화 원인이 있는 곳, 불이 전파될 수 있는 곳에서 공기 중 최소 기체 농도. 동의어: LEL, lower flammability limit(인화 하한계, LFL).

5.2.46 유지보수(maintenance) — 장비를 잘 정비하기 위해 수행하는 계획적 또는 비 계획적인 활동. 서비스 정의 참조.

5.2.47 물질 수지(mass balance) — 투입량과 유출량을 질적으로 또는 양적인 부피로 표시한 것으로서(화학물질, 가스, 물, 탈이온수, 압축공기, 질소, 부산물을 포함), 유출물의 특성과 가능한 처리 옵션을 구체적으로 정할 수 있게 함.

5.2.48 물질 안전 보건 자료(material safety data sheet(MSDS)) — 위험물질을 포함한 화학 요소와 화합물 관련하여 적용 가능한 기준에 따라 마련된 문서나 인쇄된 자료.

5.2.49 최대 허용 노광량(maximum permissible exposure(MPE)) — 일반적으로 사람이 과다노출에 의해 부작용이 발생하지 않을 정도의 레이저광 방사수준.

5.2.50 **공칭 눈 위험 영역** (*nominal ocular hazard distance [NOHD]*) — 레이저 광선의 방사 조도나 방사선 노출량이 각막에 적절한 최대 허용 노광량(MPE)과 같아지는 거리.

NOTE 7: 이러한 표준의 예: USA 정부 규제 항목 29 CFR 1910.1200 과 캐나다 WHMIS(작업 환경 위험 물질 정보 체계).

5.2.51 **불연성 물질** (*noncombustible material*) — 예상되는 조건 및 사용되는 형태상에서 물질이 불이나 열에 노출되었을 때, 점화, 연소, 연소지원, 인화성 증기가 발생하지 않는 물질. 금속, 세라믹, 실리카 물질(예: 유리, 석영) 이 있다. 가연성 물질의 정의를 참조한다.

5.2.52 **비전리 방사선** (*non-ionizing radiation*) — 인체조직에 일정 빈도로 단일 광자가 가해졌을 때, 인체조직을 이온화 시킬 정도의 충분한 에너지를 주지 못하는 전자기적 에너지 형태. 비전리 방사선은 관례상 빈도가 0Hz~ 3×10^{15} Hz (파장은 무한대부터 100 nm) 로 확인된다. 정파장(빈도 0Hz~무한대의 파장); 극저주파 (extremely low frequency fields [ELF]) 에는 전원빈도, 중속무선주파수, 무선주파수/마이크로웨이브 에너지, 적외선, 가시광선, 자외선 에너지가 포함된다.

5.2.53 **재순환되지 않는 데드맨형 중지 스위치** (*non-recycling, deadman-type abort switch*) — 정지 스위치의 한 종류로, 항상 화재감지 또는 소화 시스템의 중지를 유해 폐쇄되어 있도록 유지보수 되어야 한다. 또한 이 스위치는 재가동되거나, 화재 감지 시스템이나 소화 시스템이 가동된 경우 그에 필요한 지연동작을 중지시켜서는 안 된다.

5.2.54 **작업 노출한계** (*occupational exposure limits [OELs]*) — 본 문서에서 OELs 는 일반적으로 1 일 8 시간 작업시간에 기초하여 설정되었다. OELs 에 관해서는 여러 가지 용어가 사용되는데 그 예로 허용가능 노출 수준, Threshold Limit Value®, 최대 수용가능 농도, 최대 노출한계, 작업 노출기준이 있다. 그러나 OELs 를 정하는 기준은 설정 값에 따라 국가마다 다를 수 있다. OEL 규정을 담당하는 국가 기관에 문의하도록 한다. (Threshold Limit Value 는 American Conference of Governmental Industrial Hygienists 의 등록 상표이다.)

5.2.55 **조작자** (*operator*) — 의도된 기능을 수행하기 위해 장비에 필요한 정도로만 장비를 다루는 사람.

5.2.56 **부품 세정 후드** (*parts-cleaning hood*) — 부품 또는 장비의 세정을 위해 사용되는 배기후드. 동의어: 장비 세정 후드.

5.2.57 **출하** (*placed on the market*) — 대여, 증여, 판매, 고용과 상관없이, 가용상태임을 의미 함.

5.2.58 **직접개로** (*positive-opening*) — 전기 기계적 제어장치에 적용됨. 비탄성 부재를 통해 스위치 작동기를 작동시킴으로써 접촉을 분리함(즉, 접촉 격리는 스프링에 의존하지 않음).

5.2.59 **비전리 방사능 방출의 잠재적 위험** (*potentially hazardous non-ionizing radiation emissions*) — 본 안전 가이드라인에서 Appendix 4에 제시된 한계 밖의 비전리 방사선의 방출은 잠재적으로 위험한 것으로 간주한다.

5.2.60 **자연발화물질** (*pyrophoric material*) — 54.4°C (130°F) 온도 이하의 공기 중에서 자발적으로 발화되는 화학물질.

5.2.61 **무선주파수** (*radio frequency [rf]*) — 3 kHz 부터 300 GHz 범위의 진동 주기를 갖는 전자기적 에너지. 마이크로파는 300 MHz 부터 300 GHz 까지의 확장하는 rf 의 일부분이다.

5.2.62 **쉽게 접근 가능한** (*readily accessible*) — 차단판을 오르거나 제거할 필요가 없이, 또는 휴대용 사다리나 의자 등을 사용하지 않고 가동 또는 점검을 위해 신속히 도달 가능한.

5.2.63 **인정된** (*recognized*) — 표준 문서에 적용되는 것으로서, 실질적인 국제 합의에 의해 동의, 수용, 실행됨.

5.2.64 **렘** (*rem*) — dose (量)에 해당하는 단위. 전리 방사선 측정 시 사용되는 대부분의 기구는 dose 상당량 (*rem* 또는 *sievert*) 으로 읽음. 1 rem = 0.01 sievert.

5.2.65 **생식적 유독물질** (*reproductive toxicants*) — 부모에게는 독성으로 여겨지지 않는 정도의 양이지만 통계적으로 남녀의 생식기능 또는 태아의 생존능력에 역효과를 야기하거나 발달 영향, 기형의 위험도가 높아지는데 원인이 될 것으로 의심되거나 확인된 화학물질.

5.2.66 **잔류하는** (*residual*) — 위험성 또는 위험에 적용되는 것으로, 공학적, 행정적, 작업 실무 제어장치가 실행된 후에 위험이 남아있는.

5.2.67 **위험성** (*risk*) — 사고에서 예상되는 손실로서 심각도와 가능성으로 표시.

5.2.68 **안전 정지 상태** (*safe shutdown condition*) — 모든 위험 에너지원이 제거되거나 적절히 제한되고, 위험한 생산물질이 제거 또는 제한되어 더 이상의 추가 위험 상태가 발생하지 않음.

5.2.69 **안전상 중요부품** (*safety critical part*) — 전원 또는 안전 회로에 사용되는 개별 장비, 구성부품과 같이 적절한 가동이 시스템이나 회로의 안전성능에 필수적인 부품.

5.2.70 **서비스** (*service*) — 고장이 발생한 장비를 원래의 양호한 상태로 복구하는 계획되지 않는 행동. 유지보수에 대한 정의 참조.

5.2.71 **심각도** (*severity*) — 신뢰할 수 있는 손실에 대한 범위.

5.2.72 **단락전류** (*Short Circuit Current Rating, SCCR*) — 장비 제조사에 의해 장비 공급 회로 연결 시 최대 허용가능 전류.

NOTE 8: 전기 시스템에 대한 단락전류 (*Short Circuit Current Rating, SCCR*)는 일반적으로 시스템 내 부품의 분석에 기반한다. 단락전류 (*short circuit rating*)의 판단 방법에 대해서는 UL 508A와 SEMI S22의 Related Information 2 참조한다.

5.2.73 **시버트** (*sievert [Sv]*) — dose에 해당하는 단위. 전리 방사선 측정 시 사용되는 대부분의 기구는 dose 상당량 (*rem* 또는 *sievert*) 으로 읽음. 1 Sv = 100 rems.

5.2.74 **표준온도와 압력** (*standard temperature and pressure*) — 배기물질 측정 시 사용. 건조한 공기에서는 21°C (70°F)와 760 mm (29.92 in.) Hg 인 상태이거나 상대습도 50%의 공기로 20°C (68°F) 및 760 mm (29.92 in.) Hg 인 상태 중 하나.

5.2.75 **감시 경보** (*supervisory alarm*) — 화재감지나 소화설비에 적용되는 것으로 감시 상태를 가리키는 경보.

5.2.76 **감시 상태** (*supervisory condition*) — 화재감지나 소화시스템에 적용되는 것으로 적절한 기능을 지속적으로 수행하거나 복원하기 위해 유지보수나 조치가 필요한 상태.

5.2.77 **부가(추가)적 배기** (*supplemental exhaust*) — 제한된 기간의 특정 업무를 위해 간헐적으로 사용되는 국소 배기 환기.

5.2.78 **공급자** (supplier) — 사용자와 직접적인 의사소통을 하며 장비를 제공하는 자. 공급자는 제작자, 장비 유통업자, 장비 대리점등이 될 수 있다. 사용자(user)의 정의 참조.

5.2.79 **시험** (testing) — '시험'이란 지정된 기준에 따르는 것을 확인하고 기록하기 위한 관찰 또는 측정을 기술하기 위하여 사용된다.

5.2.80 **사건 알람** (trouble alarm) — 화재감지나 소화설비에 적용되는 것으로 알람은 문제 상황임을 나타낸다.

5.2.81 **문제 상황** (trouble condition) — 화재감지나 소화설비에 적용되는 것으로 적절한 기능을 방해할 수도 있는 결함이 시스템, 하부 시스템 또는 구성부품에 발생한 상태.

5.2.82 **사용자** (user) — 반도체를 생산할 목적으로 장비를 구매하고 운영하는 자. 공급자(supplier) 정의를 참조할 것.

5.2.83 **동압** (velocity pressure [VP]) — 공기를 속도 0 에서 특정 속도 V 로 가속하기 위해 필요한 압력. 동압은 기류의 운동에너지에 비례. 관련 방정식은 다음과 같다.

$$VP = (V/4.043)^2 \quad (1)$$

여기서:

V = 공기 유속 (m/s)

VP = 동압 (mm water gauge (w.g.))

$$\text{U.S.units:VP} = (V/4005)^2 \quad (2)$$

여기서:

V = 속도 (feet per second)

VP = 동압 (inches water gauge (w.g.))

5.2.84 **부피유량** (volumetric flow rate [Q]) — 본 안전 가이드라인의 § 22 에 따라, Q = 시간단위당 배기된 공기량. 관련 방정식은 다음과 같다.

$$Q = VA \quad (3)$$

여기서:

V = 유속

A = 공기가 표준상태에서 흐르는 덕트 또는 개구면의 단면적.

5.2.85 **웻스테이션** (wet station) — 독립공간에서 반도체 자재를 제조하는데 사용되는 화학 물질을 담고 있는 열려 있는 저장용기. 동의어: wet sink, wet bench, wet deck.

5.2.86 **항복강도** (yield strength) — 재료에 영구변형이 나타나는 응력 (stress). 이는 0.002¹⁵의 값만큼 stress-strain 곡선의 선형 부분에서 어긋나는 순간의 응력을 의미한다.

¹⁵ Roark's Formulas for Stress and Strain, Seventh Edition, McGraw-Hill, 2002, p.826.

6 안전 철학 (Safety Philosophy)

6.1 반도체 산업의 주요 목적(목표)은 장비의 수명주기(즉, 장비의 설치, 작동, 유지보수, 서비스, 장비의 폐기)동안 유해위험요인을 제거하고 제어하는 것이다.

6.2 조작자, 유지보수 및 서비스 요원은 업무를 수행하도록 훈련 받은 것으로 가정한다.

6.3 다음은 장비를(의) 설계 및 시공(제작) 시 고려해야 하는 사항이다.

- 규제 요구사항
- 산업 표준
- 본 안전 가이드라인 및
- 기술 및 제조 실무

6.4 본 안전 가이드라인은 반도체 장비의 비용 및 재설계시 발생하는 부작용을 줄이기 위해 설계, 제작, 평가 시 적용하여야 한다.

6.5 합리적으로 예상되는 단일 지점 고장 상태 또는 조작상의 오류로 인해 사망, 중상, 심각한 장비 손상을 초래할 수 있는 유해위험요인에 대하여 사람, 시설, 공동체의 노출을 허용해서는 안 된다.

NOTE 9: 이러한 조치의 의도는 단일 고장 상태 발생 조건을 제어하기 위함이다(즉, 매우 높음(very high), 높음(high), 중간 (medium)의 위험성은 SEMI S10에 있는 위험성 평가 매트릭스 예에 근거한 것이다).

NOTE 10: '매우 높음 (very high)'의 위험요소 분류는 이전 SEMI 표준(예: SEMI S10-1296, SEMI S2, SEMI S14)의 "Critical"에 대응되며, 영어에서의 번역 관련하여 용어상의 변경이 생긴 것임 영어를 원활히 번역할 수 있도록 용어가 변경되었다.

6.6 장비 안전에 대한 특징은 페일-세이프 (fail-safe) 또는 결함허용 (fault-tolerant) 설계 및 구조이어야 한다.

6.7 부품과 조립은 제조자의 등급(평가)과 설명서에 따라 사용되어야 하며, 등급 외의 사용은 안전관련 유해위험요인을 초래할 수 있다.

6.8 유해위험요인분석 (hazard analysis) 은 유해위험요인을 확인하고 평가하기 위해 수행되어야 한다. 유해위험요인분석은 초기 설계 단계에 시작되어야 하며, 설계 완성 시 업데이트 한다.

6.8.1 유해위험요인 분석 시 다음 사항을 고려한다.

- 적용 또는 공정
- 각 업무와 관련된 유해위험요인
- 예상되는 고장의 유형
- 상해의 발생 확률과 심각도
- 노출빈도와 노출된 사람의 전문성 수준
- 가동 빈도와 복잡성, 서비스 및 유지보수 업무 등

- 안전상 중요 부품

NOTE 11: CEN EN 1050 는 유해위험요인 분석방법의 예가 포함되어 있다.

NOTE 12: 사고 (mishap) 라는 용어가 SEMI S10-1103 버전에서 상해의 결과 (the results of harm) 로 변경되었다.

NOTE 13: 장비 원격 조정에 대한 안전상의 고려 사항은 관련 정보 (Related Information) 15 를 참조한다.

6.8.2 유해위험요인 (Hazard) 과 관련된 위험성(Risk)은 SEMI S10 을 이용하여 기술 되어야 한다.

6.9 확인된 문제점을 해결하기 위한 순서는 다음과 같다.

6.9.1 *유해위험요인 제거를 위한 설계 (Design to Eliminate Hazards)* — 최초 개념단계에서부터 공급자는 유해위험요인을 제거할 수 있는 설계를 해야 한다.

NOTE 14: 공급자가 확인된 유해위험요인을 제거하는 작업을 지속적으로 하도록 권장한다.

6.9.2 *통합 안전 기기 (Incorporate Safety Devices)* — 확인된 유해위험요소를 제거할 수 없거나 그와 관련된 위험성 설계를 통해 적절히 제어할 수 없을 경우, 그 위험성은 여러가지 안전 방호기능이나 기기(고정, 자동 혹은 기타)를 통해 감소될 수 있다.

NOTE 15: 가능하다면, 안전 기기의 주기적 기능점검에 대한 규정을 만들도록 권장한다.

6.9.3 *위험 경고 기기의 제공 (Provide Warning Devices)* — 설계 또는 안전 기기가 확인된 유해위험요인을 효과적으로 제거하지 못하거나, 그와 관련된 위험성을 적절히 줄이지 못한다면, 위험 당사자에게 위험한 상황을 감지하거나, 경고 신호를 보내는 방법 등이 사용되어야 한다.

6.9.4 *위험 경고 라벨의 제공 (Provide Hazard Alert Labels)* — 설계의 선택을 통한 위험 제거나 안전 또는 경고 장치로 관련 위험을 감소시키기 어려운 경우, 위험 경고 라벨을 제공한다. 라벨에 대해서는 § 10 을 참조한다.

6.9.5 *행정절차의 개발 및 훈련 (Develop Administrative Procedures and Training)* — 설계 선택 또는 안전 장치나 경고 장치, 경고 라벨을 이용한 제어를 통해 위험이 제어되지 않는 곳에는 대응 절차의 수립 및 훈련이 필요하다. 절차서에는 개인보호장비의 사용도 포함될 수 있다.

6.9.6 위의 사항들을 조합하여 실행할 필요가 있다.

7 일반 조항 (General Provisions)

7.1 본 안전 가이드라인은 장비구매 사양서에 참조 자료로 반영한다. 본 안전 가이드라인에서 벗어나는 경우 사용자와 공급자는 본 가이드라인에 편차가 있음에 동의해야 한다. 이는 사용자가 SEMI S2 에 적합한 장비를 구매 할 수 있도록 하기 위한 것이지 장비 설계를 하기 위한 것은 아니다.

7.2 장비는 사용할 지역의 법과 규정에 부합되어야 한다. 정부기관에 의한 인증 및 승인이 요구되는 모든 장비는 반드시 법 규정에 따라 인증서 및 승인을 받아야 한다.

NOTE 16: 공급자는 지역 법과 규정에 대한 정보를 사용자에게 요구하도록 권장한다.

7.3 제조자는 우선순서(§ 6.9 참조)에 따라 유해위험요인을 파악하고, 제거하거나 이를 제어하기 위한 장비/제품안전 프로그램을 유지해야 한다.

7.3.1 공급자는 장비와 관련하여 새롭게 확인된 중요한 유해위험요인 및 안전과 관련된 업그레이드 사항을 설명하는 자료를 사용자의 지정된 자(대리인)에게 제공해야 한다. 이는 필요에 따라 지속적으로 지원되어야 한다.

7.4 장비의 운전, 유지보수 및 장비를 안전하게 서비스하는데 필요한 공구 및 악세사리를 특정 모델의 장비와 함께 공급하거나 공급자의 의해 명시해야 한다.

NOTE 17: 본 안전 가이드라인의 공식적인 값은 국제 시스템 단위 (International System of Unit [SI Unit]) 로 표기되었다. 다음과 같은 값:

- Inch-Pound ('미국관례', '영국식')로 표기됨
- 괄호안에 표기됨
- SI unit 로 표시된 값을 후단에 표기
- 공식적이 아닌 참조 사항으로만 제공되며, SI 값의 정확한 변환 값이 아닐 수 있음.

8 평가 과정 (Evaluation Process)

8.1 본 섹션은 본 안전 가이드라인에 의한 장비 평가, 평가 보고서의 내용, 평가의 수행에 필요한 참조 정보들에 대해 기술하고 있다.

8.2 *일반사항 (General)* — 평가자(§ 8.4 참조)는 본 안전 가이드라인에 따라 장비를 평가하고 문서화된 평가 보고서를 작성한다.

NOTE 18: 본 안전 가이드라인에서 'should (~해야 하는)' 조항을 적합성 평가의 기초로 사용하는 것이 목적이다. 반면 본 안전 가이드라인의 'may (~일 수 있다)', 'suggested (추천된다)', 'preferred (선호된다)', 'recommended (권고한다)'와 'NOTE' 조항들은 적합성 평가 시 사용 되지 않는다.

8.2.1 SEMI S2의 특정 섹션에 대한 적합성은 공급자의 장비설치 가이드라인(SEMI E6 참조)나 다른 문서들을 통해 확인 가능하다.

8.3 *평가보고서 내용: 일반 (Evaluation Report Contents: General)* — 평가 보고서에는 매뉴얼(§ 9.6 참조)과 설계관련 특정 섹션(§§ 10~27 참조)을 포함해야 한다. 특정한 적용점에 해당하는 경우에만 부록(Appendix)을 평가 및 보고서 작성 시 포함한다.

8.3.1 번호가 매겨진 각 단락에 대해 평가 보고서는 다음 사항 중 하나를 언급하고 그에 대한 근거를 § 8.3.3 에서 § 8.3.5 까지의 기준에 맞춰 제공해야 한다.

- '해당 없음 (N/A)'
- '명시된 기준에 부합함 (Conforms to the Stated Criteria)'
- '성능 목표에 부합함 (Conforms to the Performance Goal)'
- '부합하지 않음 (Does not Conform)'

EXCEPTION1: 만일 모든 특정 섹션이 'N/A' 로 판단된다면, 보고서는 각각의 하위 단락에 'N/A'라고 쓰기보다는 해당 섹션이 'N/A'라고 표기할 수 있다.

EXCEPTION 2: 만일 단락에 해당하는 장비 특성이 'Conforms to the Stated Criteria' 와 'Conforms to the Performance Goal' 의 혼합되는 성격을 가질 경우, 두 내용이 모두 보고서에 담겨야만 하며(각각에 대한 근거도 포함) 둘 중 하나만 있어서는 안 된다.

NOTE 19: 'Conforms to the Stated Criteria' 와 'Conforms to the Performance Goal' 은 부합됨에 대한 것이다. 하지만 이러한 판단의 근거가 다른 만큼, 두 내용은 서로 다른 것으로 간주한다.

8.3.2 § 8.3 내에서, '장비'라 함은 평가 중에 있는 장비 혹은 장비와 함께 제공된 연관된 사용자 문서를 의미한다. ('사용자 문서'에 대해서는 SEMI S13 번 참조).

8.3.3 적용 불가능 (Not Applicable) — 평가자가 장비와 관련성이 없다고 판단할 경우 'Not Applicable' 이 주어진다.

8.3.4 부합함 (Conformance Findings) ('언급된 기준에 부합함', '성능 목표에 부합함')

8.3.4.1 'Conforms to the Stated Criteria' 는 장비 요소에 대한 설명이 단락에 명시된 기준에 맞는지에 근거하여 판단해야 한다.

8.3.4.2 'Conforms to the Stated Criteria' 에 대한 근거는 장비 요소에 대한 설명, 그리고 각 기준에 부합하는지를 보여주는 객관적인 정보를 포함해야 한다(예: 시험, 측정, 관측).

8.3.4.3 'Conforms to the Performance Goal' 는 평가자가 판단하기에 장비 요소에 대한 설명이 단락에 명시된 기준과 맞지 않을 경우 주어져야 한다. 그러나 이는 단락에 나타난 성능 목표가 달성되고, SEMI S10 의 위험성 평가 방법 (Risk Assessment Method) 에 따라 '낮음' 혹은 '매우 낮음' 정도의 위험요소가 있을 경우 주어져야 한다.

8.3.4.4 'Conforms to the Performance Goal' 에 대한 근거는 다음과 같다.

8.3.4.4.1 장비 요소에 대한 설명

8.3.4.4.2 성능 목표를 달성하는지 판단하기 위한 근거에는 다음 내용을 포함한다.

- 평가자가 이해하는 방식에 따라 설명된 성능 목표 내용
- 성능 목표가 달성되었음을 보여주는 논리적 주장
- 해당 주장을 지지하기 위해 사용된 객관적 증거
- 주장에서 참조된 정보에 대한 문서 정보(예: 문서 제목, 웹사이트, 참조 번호, 저자, 발간 일자,개정).

8.3.4.4.3 위험성 평가에 대해서 다음 내용을 포함한다.

- 장비 요소에 의해 제시된 특정 유해위험요인
- 유해위험요인으로 인해 손해가 예상되는 시나리오
- 각 시나리오에서 예측된 손해

- 각 시나리오에 대한 심각도와 발생가능성 분석

8.3.4.5 만일 성능 목표 논의에서 표준 (standard) 항목의 전체 혹은 일부가 사용되었다면, 해당 표준이 적용된 사유, 평가에 사용된 항목들과의 연관성 정보를 포함해야 한다. 본 섹션의 목적상, 만일 고려 대상인 장비 요소가 그 표준의 범위(Scope)에 포함되면 적용이 가능하며, 장비 특성에 입증 가능한 기준을 포함하는 경우 그 섹션은 관련 있는 것으로 본다(예: 유사한 디자인 고려 사항을 언급하는 경우).

8.3.5 부합하지 않음 (Does Not Conform)

8.3.5.1 'Does Not Conform' 의 판단은 평가자가 하나 혹은 그 이상의 장비의 요소가 아래의 경우에 해당되는 경우 주어져야 한다.

- 단락과 관련된 조항이 명시된 기준이나 성능 목표에 부합하지 않는 경우
- 평가자가 이러한 상황이나 'N/A' 에 대한 판단을 내리기에 충분치 않은 정보가 있을 경우

8.3.5.2 본 판단의 근거는 부합하지 않는 장비 요소(들)에 대한 설명, 부합하지 않는 특성에 대한 설명, SEMI S10 에 의거한 관련 위험성의 판단, 부합한다는 평가 혹은 'N/A' 에 대한 판단을 내리기 위해 필요한 정보의 설명을 적절하게 제시해야 한다.

NOTE 20: 예를 들어, 'circuit breaker 42' 는 장비적 관점인데 'circuit breaker 42' 는 회로 차단기가 아닌 보충 과전류 보호기의 특성에 의거한다.

8.3.5.3 평가자는 명시된 기준에 부합하거나 성능목표에 부합하는 장비의 다른 측면에 대해 원하는 자료를 포함할 수 있다. 그럼에도 불구하고 전체적인 결과가 'Does Not Conform (확인되지 않음)'을 보고서에 분명히 밝혀야 한다.

8.4 평가 보고서 내용 (Evaluation Report Contents: Other Information) — 평가 보고서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- 제조자의 모델 번호
- 평가된 장비의 일련번호
- 장비가 평가된 날짜
- 시스템/장비의 명세서, 옵션, 주요 도면을 포함한 시스템/장비 설명서
- 평가자의 자격에 대한 자료. SEMI S7 요구조건에 맞는 내부기관 (in-house body), 독립된 시험기관, 설비안전 평가회사('제 3 자 인증기관')는 본 문서에 일치하는 시험 및 평가 업무를 제공할 수 있다.

8.5 평가자에게 제공되는 참조 정보 (Supporting Information Provided to Evaluator) — 다음의 문서는 본 가이드라인의 내용에 적합성 여부를 증명하기 위해 필요에 따라 평가자에 의해 개발되거나 제공되어야 한다.

NOTE 21: 평가 목적상 제조자의 일반적 장비명세서 및 공정을 사용할 것을 권고한다. 대안으로 장비 사용자와 공급자 사이에 동의 된 공정을 평가 대상으로 할 수도 있다.

NOTE 22: 추가적인 위험이 초래될 수 있는 초기 평가에 포함되지 않은 특별한 옵션이나 구성은 별도의 검토가 필요하다. 장비의 안전 설계에 영향을 줄 수 있는 업그레이드, 개량 및 기타 변경사항에 대해서는 적합성 평가 수행을 권장한다.

8.5.1 일반 정보 (General Information)

- 하드웨어 형태와 기능, 전원 요건, 출력 전원, 그리고 장비의 가동과 설계를 이해하는데 필요한 기타 정보를 포함하는 시스템 설명서장비와
- 조립부품의 지진 대비용 고정 장치가 적용 되는 설계하중이 만족되도록 설계되고, 그 근거를 제공하기 위해 사용된 공학적 데이터 (§ 19, 지진 보호 참조).
- 비상정지장치(EMOs), 인터록, 압력 릴리프 장치 (pressure relief devices), 한계 제어장치 (limit controls) 와 같은 안전 장치의 기능과 목적에 대한 설명
- 유해위험요인 분석 (§ 6.8 참조)
- 인체공학 평가 (§ 16 참조)
- 안전상 중요 부품의 목록과 구성부품 각각에 대한 인증서, 혹은 사용 용도에 적합함을 보여주는 근거자료/문서
- § 14.2 에 근거한 잔류 화재 위험성 평가
- 화재 안전과 관련 장비를 평가하는데 필요한 시험 결과, 인증서, 설계 사양서. 화재 감지 및 소화설비와 제어장치에 대한 설명 또한 제공되어야 한다.

8.5.2 산업 위생 정보 (Industrial Hygiene Information)

8.5.2.1 적용 가능 시 산업 위생 보고서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- 환기 평가 (§ 22 참조)
- 화학 물질 목록 및 유해위험요인 분석 (§ 23 참조)
- 전리 방사선 평가 (§ 24 참조)
- 비전리 방사선 평가 (§ 25 참조)
- 레이저 평가 (§ 26 참조) 및
- 오디오 음압 레벨 평가 (§ 27 참조)

8.5.3 환경 정보 (Environmental Information) (§ 21 참조) — 다음 사항을 입증할 수 있도록 문서화 함.

- 자원 보존을 위한 기능의 포함 또는 고려(예: 에너지, 물, 탈이온수, 압축공기, 화학물질, 포장)
- 장비 해체 후 장비 와 구성부품의 재사용, 리퍼비쉬 (Refurbish), 혹은 재활용을 촉진할 수 있는 고려사항
- 자원의 재활용 혹은 재사용에 대한 고려 또는 포함
- 화학물질 선정방법 및 기준 (§ 21.2.3 참조)
- 장비 내에서 배출물과 배기가스 제어에 관한 사항
- 폐기물, 유출물, 배기가스 부산물을 줄이기 위한 노력

NOTE 23: § 8.5.3 에서 말하는 문서에는 설계상 주의점, 계량법(표준화 여부를 불문하고), 회의록, 파레토 평가, 기타 분석자료 등이 포함된다.

9 사용자에게 제공되는 문서 (Documents Provided to User)

9.1 본 섹션은 공급자가 장비사용자에게 제공하는 문서에 관한 설명이다.

9.2 *평가 보고서(Evaluation Report)* — 사용자의 요청에 따라 공급자는 사용자에게 SEMI S2 평가보고서 전부 혹은 요약본(§ 8 참조)을 제공해야 한다.

9.2.1 공급자는 보고서상에 부적합으로 표시된 사항에 대해 언급하여야 하고, 부적합 사항 수용에 따른 정당성 또는 실행계획에 관한 정보도 제공해야 한다. 정당성에 대한 사유는 SEMI S10 에 따른 대안 및 위험성 평가 내용을 포함한다.

9.3 *지진 정보(Seismic Information)* — 본 문서의 § 19 참조.

9.4 *환경 문서(Environmental Documentation)* — 장비 제작자는 사용자에게 다음의 환경관련 문서를 제공한다.

9.4.1 제작자의 대표적인 ('기본') 공정에 관한 대기 (Idle), 평균, 최대 작동 상태에서의 에너지 소비 정보.

9.4.2 제작자의 대표적인 ('기본') 공정에 관한 대기 (Idle), 평균, 최대 작동 상태에서의 물질 수지 (Mass balance).

NOTE 24: 물질 수지 (Mass balance) 에는 자원 소비율, 화학 공정 효율, 오수 유출 및 배기 물질의 특성, 고체 및 위험오염물 생성(정성적, 정량적), 부산물 등이 포함된다.

9.4.3 비의도적인 유출(오수, 폐기물, 방출, 부산물, 부산물)경로 및 이런 유출을 감시 및 관리하는 방법과 장치에 관한 정보. 여기에는 비의도적인 유출을 추적, 예방 및 제어할 수 있는 기능에 대한 정보가 포함된다.(§ 21.2.4 참조).

9.4.4 의도적인 유출(오수, 폐기물, 방출)과 이러한 유출을 추적하고 제어하는 기능에 대한 정보(§ 21.2.5 참조)

9.4.5 장비의 작동, 유지보수, 서비스의 결과로 발생하는 고형 폐기물의 목록과 구성되거나 포함된 물질을 처리시 법적 규제가 따르는 물질의 목록(예: 베릴륨이 함유된 부품, 형광등, 수은 스위치, 배터리, 오염된 부품, 정비 폐기물 등)

9.5 *산업 위생 및 배기 환기 정보(Industrial Hygiene and Exhaust Ventilation Information)* — 본 문서의 §§ 22~27 및 SEMI S6 참조.

NOTE 25: 문서화 기준은 SEMI S6 의 여러 부분에 명시되어 있으며, SEMI S6-0707 의 경우 ¶ 7.2.3.3.2, ¶ 7.7.3.4.1, § 8, § 9, Appendix 2, Appendix 3, Appendix 4, Appendix 5, 및 Appendix 6 에서 확인할 수 있다.

9.6 *매뉴얼(Manuals)*

9.6.1 장비 공급자는 사용자에게 장비의 원래 사용의도에 맞게 작성된 매뉴얼을 제공하여야 한다. 매뉴얼에는 장비의 일반적인 사용 및 범위에 대해 기술해야 하며, 장비의 편의화, 운전, 유지보수, 서비스가 가능하도록 적합한 정보를 제공한다.

9.6.2 매뉴얼은 SEMI S13 을 준수해야 한다.

NOTE 26: 소화약제 및 화재감지 또는 소화설비 시험에 사용되는 화학물질을 장비와 함께 공급할 경우, SEMI S13의 MSDS 규정을 준수해야 한다.

NOTE 27: 화재감지 또는 소화설비 내의 위험한 에너지는 화재감지 및 소화 시스템이 장비와 함께 제공될 경우 SEMI S13의 위험한 에너지 통제 조항에 해당된다.

9.6.3 SEMI S13 조항 외 추가로 매뉴얼은 아래의 사항을 포함해야 한다.

- 고장수리 (troubleshooting) 를 제외한 일상적인 Type 4 작업에 대한 전용 가이드라인 작성 (§ 13.3 참조)
- 에너지 차단방법에 대한 가이드라인 ('lockout/tagout') (§ 17.2 참조)
- 비상정지 (EMO) 및 인터록 기능에 대한 설명
- 예상 교체주기, 양, 공정으로 인한 오염 가능성을 포함해 유지보수, 보조 장비, 주변 장치 작동에 필요한 위험물질(예: 윤활제, 클리너, 냉각제)의 목록
- 장비의 작동, 유지보수, 서비스의 결과로 발생하는 고형 폐기물의 목록과 구성되거나 포함된 물질을 처리시 법적 규제가 따르는 물질의 목록(예: 베릴륨이 함유된 부품, 형광등, 수은 스위치, 배터리, 오염된 부품, 정비 폐기물 등)
- 안전 설계의 기능 또는 장치(예: 공학적 제어장치)의 유효성을 유지하기 위한 유지보수 및 고장수리 (troubleshooting) 절차
- SME 공급자에 의해 공급된 일정 정비주기에 대한 정보가 포함된, 리프팅 장비의 적절한 사용, 유지보수 및 검사에 대한 설명서. SME 공급자에 의해 제공되지는 않지만, 지정되거나 권고된 리프팅 장비는 이러한 정보를 해당 리프팅 장비의 공급자로부터 문서의 형태로 제공받아야 함.

9.6.4 비의도적인 유출이 예상되는 경로에 대한 정보를 제공해야 한다 (§ 21.2.4 참조).

9.6.5 SEMI S12에 따른 적합한 오염제거 및 해체 절차가 제공되고, 다음 정보를 포함해야 한다.

- 재활용 (recycling), 재생 (refurbishment), 재사용 (reuse)에 대한 결정을 돕기 위한 시공자재 및 구성부품의 확인 (§ 8.5.3 참조).
- 장비 해체 전, 장비 내 잔류 위험물질이나 위험물질에 오염된 부품이 있을 수 있음

NOTE 28: 일반적인 공정 화학물질 또는 장비의 변경에 따라 예상되는 환경적 영향도 바뀔 수 있음을 매뉴얼에 명시하도록 권장한다.

9.6.6 *잠재 환경 영향에 따른 유지보수절차 (Maintenance Procedures with Potential Environmental Impacts)* — 장비 공급자가 권장하는 유지보수 절차는 다음과 같다.

- 방출물의 특성 및 방출의 절차 단계 확인
- 유지보수 절차 중에 생성된 오수, 폐기물, 유출물의 양을 최소화하는 방법 및 폐기물의 특성 확인

9.7 *화재예방의 문서화 (Fire Protection Documentation)* — 장비 공급자는 다음의 자료를 제공한다

- § 14.3에 명시된 화재예방 보고서

- 화재위험 완화기능의 옵션에 대한 설명(§ 14.3.2 참조)

NOTE 29: 이것은 장비 구매 전에 제공하는 것이 바람직하다.

- 화재 감시 시스템의 작동, 유지보수 및 시험 매뉴얼
- 소화 시스템의 작동, 유지보수 및 시험 매뉴얼
- 공인 자격이 있는 설계자와 시공자에 의해 제공되는 승인 문서(¶ 14.5.1.12 와 ¶ 14.5.2.16 참조)
- 장비의 화재감지 및 소화설비의 시험에 사용되는 특별한 모든 시험기구 목록. 이 목록에는 기구가 장비에 포함되는지, 혹은 별도로 판매되는지 명시 되어야 한다.

10 유해위험요인 경고 라벨 (Hazard Alert Labels)

10.1 설계를 통하거나 또는 안전/경고 장치를 사용하여 유해위험요인을 제거할 수 없는 경우, 유해위험요인에 대해 경고 및 확인을 유해서 유해위험요인 경고 라벨을 제공해야 한다.

10.2 라벨은 의도된 사용 환경에 적합하며 내구성이 있어야 한다.

10.3 라벨은 SEMI S1 을 준수해야 한다.

EXCEPTION: 일부 위험요소 경고 라벨의 형식 및 내용은 법률(예: 레이저 라벨링과 일부 국가에서의 화학적 위험전달 라벨링의 사용)에 수록되어 있으며 이 내용은 SEMI S1 과 부합하지 않을 수도 있다.

11 안전 인터록 시스템 (Safety Interlock System)

NOTICE: ¶ 11.6.1 에 대한 수정사항은 Delayed Revisions Section 1 에 기술된 바와 같이 2018 년 7 월 간행본부터 효력을 갖는다. Environmental Health & Safety Global Technical Committee 에서는 아직 공식 문서로서 유효하지 않은 내용을 적용하는 것은 사용자의 선택에 따르도록 권고한다.

11.1 본 섹션은 안전 인터록과 안전 인터록 시스템에 대한 내용을 다룬다.

NOTE 30: 화재감지 및 소화 시스템이 장비와 함께 제공될 경우 § 14 의 내용을 추가적으로 참조한다.

11.2 가능하면, 장비의 가동으로 인한 본질적인 위험으로부터 개인, 시설, 공동체를 보호하기 위해 안전 인터록 시스템을 사용해야 한다.

NOTE 31: 장비를 보호하는 기능이 우선인 안전 부품은 보통 인터록으로 간주하지 않는다.(예: 차단기, 퓨즈)

11.3 안전 인터록 시스템은 인터록, 장비 또는 장비 관련 부품의 작동 시, 자동적으로 안전한 상태가 되도록 설계되어야 한다.

NOTE 32: 타이밍은 위험과 관련이 있다; 안전조건에는 유해위험요인에 사용자가 접근하기 전에 장비를 안전한 상태로 만드는 것을 포함한다.

11.4 안전 인터록이 작동되면 즉시 조작자에게 경보를 발해야 한다.

EXCEPTION: 안전 인터록이 EMO 회로(§ 12 참조)를 작동 시키거나, 사용자 인터페이스에 대한 전원을 차단하는 경우, 조작자에게 경고한다.

NOTE 33: 안전 인터록 작동 시 원인에 대해 설명을 하는 것이 좋다.

11.5 안전 인터록 시스템은 시스템 구성요소의 기능이나 설정 포인트가 장비나 구성부품의 분해, 물리적 개조, 혹은 손상 없이는 변경될 수 없도록 설계하고, 단일고장으로 불안정한 상태가 일어나지 않도록 결함허용 (fault tolerant) 되어야 한다.

EXCEPTION: 만약 조정 가능한 장치 혹은 장치의 조정을 위한 접근을 특별한 절차, 예를 들어 공구를 사용하거나, 특정 시퀀스의 키패드를 사용하는 식으로 제한할 수 있다면, 안전 인터록 시스템에 조정 가능한 설정 포인트 혹은 트립 기능이 있는 부품이나 회로를 사용할 수 있다. 인터록 구성요소 또는 회로의 조절 가능성에 대한 확인 여부가 장비 평가 보고서 및 장비 설명서에 포함되어야 한다.

NOTE 34: 이는 적절하게 훈련 받은 유지보수 및 서비스 요원만이 조정 가능 설정 포인트 장치에 접근 할 수 있도록 제한하기 위함이다.

NOTE 35: 본 섹션에서는 안전 인터록의 제거와 관련한 사항은 언급하지 않는다. 추가 정보는 § 11.7 을 참조한다.

11.5.1 인터록과 EMO 회로는 전원을 공급하기보다는 전원을 차단함으로써 위험요소를 제거해야 한다. 전원차단에 의해 운용되지 않는 구성품의 예로는 분로 트립 (Shunt trip) 이 있다.

EXCEPTION 1: 이 조건은 a) 다중회로에서 한 회로가 전원차단에 의해 작동되고 다른 회로가 전원공급에 의해 작동되거나, b) 모니터링된 회로가 전원 차단에 의해 작동되는 한, 모니터링 하고 있는 다른 회로는 전원공급에 사용되는 경우 충족되는 것으로 한다.

EXCEPTION 2: 누전 (ground fault) 감지 부품(예: GFI, GFCI, RCD, ELB) 은 주로 부품 내부에서 전원을 공급하는 방식으로 작동하며 이 경우 a) 이러한 누전감지 부품들이 ¶ 13.4.3 을 충족시키고 b) 누전 인터록 혹은 EMO 회로가 전원차단에 의해 사용되는 경우 허용한다.

11.6 전기기계장치 및 구성품 (electromechanical device and component) 이 선호된다. 솔리드 스테이트 소자 (solid-state devices) 및 구성부품이 사용될 수 있으며, 안전 인터록 시스템이나 시스템의 관련 부품들은 해당 기준에 따라 사용의 적합성 여부가 평가된다. 적합성 평가 시 과전압 (overvoltage), 부족전압 (undervoltage), 전력 공급 방해 (power supply interruption), 순간 과전압 (transient overvoltage), 램프전압 (ramp voltage), 전자파 내성 (electromagnetic susceptibility), 정전기 방전 (electrostatic discharge), 열순환 (thermal cycling), 습도, 먼지, 진동, 뼈걱거림과 같은 비정상 조건을 고려해야 한다.

EXCEPTION: 합리적으로 예측 가능한 재난의 심각도가 SEMI S10 에 따라 경미한 (Minor) 수준으로 판단될 경우, 소프트웨어에 기반한 인터록 사용도 적합하다.

NOTE 36: SEMI S10 에 의거 분류된, 심각하거나 재해수준의 사고로부터 인력을 보호하기 위해 안전 인터록이 있는 경우, 직접개로 (positive-opening) 타입 스위치를 고려할 것을 권고한다.

NOTE 37: 사용 적합성 평가 시에는 NEMA ICS 1.1 과 UL 991 과 같은 기준에 언급된 신뢰도, 자기감시 (self-monitoring) 및 이중화 (redundancy) 을 포함한다.

NOTE 38: SSD 는 OP-AMP (operational amplifiers), 트랜지스터, 집적 회로를 포함한다.

11.6.1 FECS 는 전기 기계 장치 또는 솔리드 스테이트 소자 (solid-state devices) 와 함께 사용이 가능하며, 프로그램 가능한 안전 제어 시스템이 제공된 구성부품은 전기안전설비의 해당 기준을 준수해야 한다. FECS 의 구성부품은 사용 기준 요구사항에 맞게 시험되고 인증되어야 한다. 인정된 전기안전설비 기준의 예로는 IEC 61508, ISO 13849-1, ANSI/ISA 84.00 01, DIN V VDE-0801 등이 있다.

NOTE 39: 안전 관련 부품과 서브 어셈블리에 대한 추가적인 평가기준은 ¶ 13.4.3 를 참조한다.

NOTE 40: FECS 는 프로그램 가능한 전기설비 (PES) 의 부속 시스템이다. IEC 61508 은 복합 PES 의 기준으로 선호된다.

NOTE 41: FECS 설계 적용 시 Related Information 13 을 참조한다.

11.7 안전 인터록 시스템은 유지보수 작업 중 안전 인터록의 무효화기능 (override) 의 필요성을 최소화 하도록 설계되어야 한다.

11.7.1 조작자가 업무를 수행하는 동안 안전 담당직원이 도구를 사용하지 않고 안전 인터록을 중지시킬 수 있어서는 안 된다.

11.7.2 인터록에 의해 보호되는 부분을 유지보수하기 위해 접근해야 할 경우, 바이패스를 통한 안전 인터록 제공이 가능한 중지 가능한 안전 인터록 사용이 가능하다.

11.7.2.1 유지보수 모드를 완료 또는 종료할 경우, 즉시 모든 안전 인터록은 자동적으로 복구 되어야 한다.

11.7.2.2 안전 인터록이 제대로 작동하지 않을 경우, 유지보수 매뉴얼에 위험을 최소화 하거나 안전 담당직원을 통한 행정적 관리사항이 기술되어야 한다.

11.8 안전 인터록의 복구로 인해 위험 상황을 야기할 수 있는 장비의 재가동이나 부품의 움직임이 있어서는 안 된다.

11.9 접지의 단락으로 인해 인터록이 작동하지 않도록, 스위치 및 기타 제어 장치의 접촉부는 회로의 접지되지 않은 편과 연결되어야 한다.

11.10 엔클로저를 이용해서 사람에게 위험한 사항들을 관리할 경우, 엔클로저에 접근을 유해서는 도구가 요구되거나, 사람을 보호하도록 위험과 관련한 라벨을 부착하거나, 인터록이 장착되어야 한다. 엔클로저에 추가하여, 부주의한 접촉이 발생할 수 있는 경우를 감안하여 위험 지점에 물리적인 경계벽을 설치하도록 한다.

NOTE 42: 커버의 제거로 인해 위험에 노출될 경우, 추가적인 라벨부착을 고려한다. guidance 에 대해서는 § 10 을 참조한다.

12 비상 정지 (Emergency Shutdown)

NOTICE: ¶ 12.2.2 에 대한 수정사항은 Delayed Revisions Section 1 에 기술된 바와 같이 2018 년 7 월 간행본부터 효력을 갖는다. Environmental Health & Safety Global Technical Committee 에서는 아직 공식 문서로서 유효하지 않은 내용을 적용하는 것은 사용자의 선택에 따르도록 권고한다.

12.1 장비에는 EMO (Emergency Off) 회로가 있어야 한다. EMO 작동기(예: 버튼)를 작동시키면 사람 또는 시설에 추가 위험이 발생하지 않도록 장비를 안전하게 정지하도록 해야 한다.

EXCEPTION 1: 전기적 위험만 존재하고, 주 차단기가 § 12.5.2 의 조항에 부합하며, 메인 전력 공급의 차단 효과가 EMO 회로를 작동시키는 것과 같을 경우, 정격 2.4 kVA 이하의 장치에서 EMO 회로는 필요하지 않다.

EXCEPTION 2: (독립형 장치가 아닌)전체 통합된 설비 내에 존재하며, 사용자의 시스템에서 전원을 공급받는 어셈블리의 경우 EMO 회로는 필요하지 않다. 어셈블리의 설치 방법은 통합 설비의 EMO 회로와 어셈블리를 올바르게 연결하기 위해 장비 시공자에게 명확한 가이드라인으로 제공되어야 한다.

NOTE 43: EMO 기능은 안전 장치 또는 장비를 효과적으로 안전 정지 상태로 만드는데 필요한 안전관련 기능(예: 자성 척 (magnetic chucks) 또는 제동장치)을 가진 장치의 효과를 감소시키지 않도록 하기 위해 권장된다.

NOTE 44: 화재감지 및 소화 시스템이 장비와 함께 제공될 경우 § 14의 내용을 추가적으로 참조한다.

12.1.1 장비공급자가 외부 EMO 인터페이스를 공급할 경우, 공급자는 인터페이스와의 연결에 대한 설명서를 제공해야 한다.

12.2 EMO 회로가 작동되면 장비의 메인 전력 엔클로저 이후의 240 volt-amps 이상의 모든 전원 및 위험 전력의 공급이 중단되어야 한다.

EXCEPTION 1: 위험하지 않은 전압의 EMO 회로(보통 24 volt) 및 그 공급원에는 전기를 지속적으로 공급한다.

EXCEPTION 2: 안전관련 장치(예: 연기감지기, 가스/물 누설감지기, 압력측정장치)는 비위험 전원 공급원의 전원을 유지한다.

EXCEPTION 3: 데이터/알람 로그인, 에러 복구 기능을 수행하는 컴퓨터 시스템에는 전기를 지속적으로 공급해야 한다. 단, 차단기 (breakers), 콘센트 및 전도체 단자 (termination) 에는 EMO 작동 후에도 전기가 공급된다는 라벨을 부착해야 한다. EMO 작동 후에도 전기가 공급되는 위험 부품은 유지보수를 수행하는 자가 부주의로 접촉하지 않도록 절연되거나 보호되어야 한다.

EXCEPTION 4: 위험 전압, 에너지 수준 또는 기타 잠재적 위험 상황의 회로와 위험을 공유하지 않도록 별도 설치된 다수 유닛은 다음 사항을 포함하도록 한다.

- 분리된 전원과 전원공급 차단장치를 명확하게 구분해야 한다.
- 별도의 EMO 회로가 있어야 한다.

12.2.1 EMO 회로에는 임의로 차단되거나 무시되는 기능이 포함되어서는 안 된다.

12.2.2 EMO 회로는 전기 기계 장치로 구성되어야 한다.

EXCEPTION 1: 솔리드 스테이트 소자 (solid-state devices) 및 구성품이 시스템 또는 그 관련 부품에 사용될 경우, 적합성 여부를 평가한 후 공급되거나 사용되어야 한다. 부품들은 과전압, 저전압, 전력 공급 방해 (power supply interruption), 과도 과전압 (transient over voltage), 램프 전압 (ramp voltage), 전자파 내성 (electromagnetic susceptibility), 정전기 방전 (electrostatic discharge), 열순환 (thermal cycling), 습도, 먼지, 진동, 삐걱거림과 같은 비정상적인 상황을 감안하여 해당 부품의 적합성을 평가한다. 최종적인 전원 제거는 전기 기계 장치를 통해 이루어져야 한다.

EXCEPTION 2: FECS가 전기 안전 시스템에 대한 적절한 표준을 준수한다면 FECS를 사용할 수 있다. FECS의 구성부품은 사용 기준 요구사항에 맞게 시험되고 인증되어야 한다. IEC 61508 과 ISO 13849-1 은 국제적으로 인정된 전기 안전 시스템 기준의 예이다. 최종적인 전원 제거는 전기 기계 장치를 통해 이루어져야 한다.

NOTE 45: 안전 관련 부품과 서브 어셈블리에 대한 추가적인 평가기준은 ¶ 13.4.3 를 참조한다.

NOTE 46: FECS 는 프로그램 가능한 전기설비 (PES) 의 부속 시스템이다. IEC 61508 은 복합 PES 의 기준으로 선호된다.

12.2.3 모든 EMO 회로는 결함허용 (fault-tolerant) 구조이어야 한다.

12.2.4 EMO 스위치를 재설정하더라도 회로, 장비, 서브 어셈블리에 전원이 다시 공급 되어서는 안 된다.

12.2.5 EMO 회로는 제어구성요소에 전원을 공급하는 것이 아니라 전원을 차단시킴으로 장비를 정지시켜야 한다.

12.2.6 EMO 회로는 전원이 자동적으로 복구되지 않도록 수동으로 재설정되어야 한다.

12.3 EMO 버튼은 빨간색이며 버섯 모양이어야 하고, 자체 잠금 (self-latching) 체계를 가지고 있어야 한다. EMO 배경은 노란색으로 한다.

12.4 EMO 버튼에는 'EMO', 'Emergency Off' 또는 이와 비슷한 의미의 라벨이 부착되어 있어야 하며, 이것은 보는 위치에서 명확한 식별이 가능해야 한다. 라벨은 버튼 위 또는 노란색 배경위에 위치하도록 한다.

12.5 EMO 버튼은 운전 및 일상적 유지보수 지역에서 쉽게 접근이 가능하며, 손바닥 (heel of the palm) 으로 작동이 가능한 크기여야 한다.

12.5.1 EMO 버튼은 사고를 최소화할 수 있는 위치에 있거나 보호가드 (guard)를 설치해야 한다.

12.5.2 EMO 버튼은 운전 및 일상적 유지보수 지역에서 3m (10 ft.) 이상 이격되어서는 안 된다.

12.5.3 EMO 버튼을 작동 및 점검하는 사람은 SEMI S10 에서 말하는 중간 (Medium) 이상의 위험요소에 노출되어서는 안 된다. 위에서 언급한 유해위험요인의 예는 다음과 같다.

- 전류가 흐르는 전기 부품과의 접촉
- 움직이는 기계와의 접촉
- 과도하게 높거나 낮은 온도의 표면과의 접촉
- 위험 상황 중 빠른 움직임으로 인한 충격, 걸림, 낙하를 발생할 수 있는 제한된 접근성.

12.6 EMO 에 UPS 가 사용되는 경우 추가적인 EMO 가이드라인은 § 13.5 를 참조한다.

13 전기 설계(Electrical Design)

13.1 본 섹션은 위험 전압을 사용하는 전기 및 전자 장비에 대한 내용을 포함한다.

13.2 *전기 작업의 종류 (Types of Electrical Work)* — 본 안전 가이드라인은 4 종류의 전기 작업에 대해 설명하고 있다.

- Type 1 — 전원이 완전히 차단된 장비.
- Type 2 — 전원이 연결된 장비. 전기가 흐르는 회로는 커버를 덮거나 절연한다.

NOTE 47: Type 2 작업은 가압 회로가 있거나 혹은 절연체나 피복물의 개구부를 통해 탐침 (probe) 을 위치하여 측정을 할 수 있는 작업을 포함한다.

- Type 3 — 전원이 연결된 장비. 전원이 연결된 회로에 노출될 가능성이 있으며, 의도하지 않게 절연되지 않은 전원이 연결된 부품과 접촉될 수 있다. 잠재적 노출은 건조 지역에서 30 volt rms, 42.4 volt peak, 60 volt DC 또는 240 volt-amps 를 초과하지 않는다.
- Type 4 — 전원이 연결된 장비. 전원이 연결된 회로에 노출될 가능성이 있으며, 의도하지 않게 절연되지 않은 전원이 연결된 부품과 접촉될 수 있다. 잠재적 노출은 건조된 지역에서 30 volt rms, 42.4 volt peak, 60 volt DC 또는 240 volt-amps 이상인 경우에 해당한다. 무선주파수 전류에 대한 잠재적 노출은 유도되었거나 접촉되었거나, 혹은 Appendix 3 의 표 A3-1 에 제시된 한계를 초과하는 경우에 해당한다.

13.3 *전원이 연결된 전기 작업 (Energized Electrical Work)* — 공급자는 전원이 연결된 장비의 교정, 수정, 수리, 시험, 조정, 혹은 유지보수의 필요성이 최소화되도록 설계해야 하며, 전원이 연결된 회로의 주변 부품에 수행되는 작업을 최소화해야 한다. 공급자는 최대한 업무가 Type 4 에서 Type 1, 2, 3 으로 이동할 수 있도록 한다. 고장 수리를 제외한 일상적인 Type 4 작업에 대한 설명은 유지보수 매뉴얼 상에 명시되어 있어야 한다. Type 4 작업을 포함한 고장 수리에 대한 일반적인 안전 절차(예: 개인보호장비 착용, 방어막 설치)에 관한 정보가 제공되어야 한다.

13.4 *전기 설계 (Electrical Design)* — 장비는 적합한 국제적, 지역적, 국가적, 또는 산업적 제품안전요구사항을 준수해야 한다.

13.4.1 비전도성 또는 접지된 전도성 물리적 방어벽 (barrier) 은 다음과 같은 장소에 제공되어야 한다.

- 위험요소 위, 아래, 주변 혹은 가까이로 신체를 기울여야 하는 장소
- 낙하된 물체에는 단락 또는 아크가 발생할 수 있다.
- 발생한 액체 연결부의 고장으로 인해 전기 부품에 액체가 유입될 수 있는 장소
- 주요 주 차단장치의 라인사이드측 상부.
- 건조한 곳에 위치한 장비의 유지보수 및 서비스 작업이 의도하지 않게 다음과 같은 조건을 충족하는 비절연된 가압부품과 접촉할 시: 30 volts rms, 42.4 volt peak, 또는 60 volt DC 또는 240 volt-amps 를 초과

NOTE 48: 건조한 지역은 일반적으로 젖거나 습기 지지 않는 곳을 말한다.

NOTE 49: 제거 가능한 절연성 및 불연성 커버가 선호된다.

13.4.2 방어벽 (barrier) 에 시험용 탐침 (probe) 개구부가 제공될 경우, 방어벽의 위치와 탐침 개구부의 크기는 가압 시험용 탐침의 부분을 포함한 주변의 가압부품과의 의도치 않은 접촉을 피하도록 설계되어야 한다.

13.4.3 부품 및 어셈블리의 고장으로 인해 감전, 화재, 인명피해의 위험을 초래할 가능성이 있는 경우, 이 부품 및 어셈블리는 공인시험기관에서 인증을 받아야 하고, 제조사의 사양서에 따라 사용되어야 하며, 그렇지 않은 경우에는 적용 가능한 기준에 따라 평가되어야 한다.

13.4.4 전원회로, 제어회로, 접지선 (grounding, earthing), 접지선 (grounded, neutral) 을 위한 전기배선은 쉽게 식별이 가능하도록 § 13.4 의 기준에 따라 색으로 표시하거나, 전선 양끝에 라벨을 부착해야 한다. 식별을 유해

색을 사용한 경우 도선 끝을 적절한 색테이프 또는 슬리브로 감싸는 것이 용인된다. 테이프 또는 슬리브는 도선에 고정되어 있어야 한다.

EXCEPTION 1: 개별 부품의 내부 배선(예: 모터, 변압기, 계측기, 솔레노이드 밸브, 전원 공급원)

EXCEPTION 2: 플렉서블 코드

EXCEPTION 3: 비위험 전압의 다심 케이블(예: 리본 케이블)

EXCEPTION 4: 특수한 목적을 갖는 도체에 적절한 색을 사용할 수 없는 경우(예: 오븐 또는 로 (furnaces) 에 사용되는 고온의 도체)

13.4.5 접지선 및 커넥터는 § 13.4 의 기준에 따라 비접지 도체의 정격 전류와 호환될 수 있는 사이즈여야 한다.

13.4.6 전기 엔클로저는 사용되는 곳의 환경에 적합해야 한다.

13.4.7 엔클로저 개구부는 전압 또는 전력이 위험수준으로 충전된 비절연 충전부에 사람이 접근하지 않도록 보호되어야 한다. 이 조건에 대한 준수여부는 SEMI S22 의 엔클로저 개구부 기준을 준수하는지에 따라 판단된다.

13.4.8 전기 엔클로저의 상부 덮개는 엔클로저 내부로 물체가 낙하하지 않도록 설계 및 제작되어야 한다. 이 조건에 대한 준수 여부는 SEMI S22 의 엔클로저 개구부 기준을 준수하는지에 따라 판단된다.

13.4.9 설비부터 장비에 이르기까지 각각의 장비 또는 제어패널의 SCCR (short circuit current rating) 이 공급 회로에 대해 장비 혹은 그 차단 패널의 누전 전류 계산방식은 장비 설치 안내서에 명시되어 있어야 한다.

13.4.10 장비에 최소 10,000 rms 의 AIC (대칭 암페어차단용량) 등급의 주 차단 장치 및 주 과전류 보호장치를 설치해야 한다.

NOTE 50: 일부 설비는 배전 시스템 설계로 인해 더 높은 AIC 정격이 요구되기도 한다.

EXCEPTION: 선간 전압이 240 volt 이하, 대지전압이 150 volt 이하이고 2.4 kVA 이하의 정격을 가진 코드 또는 플러그가 연결된 단상 장비에는 최소 5,000 rms 의 AIC 의 과전류 보호장치가 설치될 수 있다.

13.4.11 장비전원은 § 13.4.10 에 명시된 메인 차단기에서 종료되는 단일 공급 장소까지 설비에서 유입 전력을 받도록 설계되어야 한다. 이 메인 차단기가 개방되면 장비에 유입되는 부하전원이 차단되어야 한다. 또한 § 17 에 명시된 에너지 차단 ('lockout') 기능이 주 차단장치에 있어야 한다.

EXCEPTION 1: 하나 이상의 공급원을 가진 장비는 각 공급원마다 에너지 차단 조항이 제공되어야 하며, 각 차단장치에 다음과 같은 문구 또는 이와 유사한 문구로 표시해야 한다: "**경고:** 감전이나 화상의 위험. 전기 공급 전 모든 공급원(공급 장소)을 차단함." 장비와 관련한 모든 차단장치는 한 장소에 모아두는 것이 좋다.

EXCEPTION 2: 위험 전압, 에너지 수준 또는 기타 잠재적 위험 상황의 회로와 위험을 공유하지 않도록 별도 설치된 다수 유닛은 다음 사항을 포함하도록 한다.

- 식별될 시, 별도의 전원 및 공급회로 차단장치가 있어야 한다. 또는
- 별도의 EMO 회로가 있어야 한다.

13.4.12 장비 제조자 이름, 기계 일련번호, 공급 전압, 상(phase), 주파수, 장비 또는 제어판의 SCCR (short circuit current rating), 그리고 full-load current 가 포함된 영구적인 명판을 설치 후에도 눈에 잘 띄는 장비의 부분에 부착하도록 한다. 하나 이상의 인입 공급 회로가 제공되는 경우 명판에는 각 회로에 대한 위 정보를 표시해야 한다.

NOTE 51: 사용 지역에 따라 명판에 기재되는 정보가 추가적으로 요구될 수 있다.

13.5 **무정전 전원 공급 장치(Uninterruptable Power Supplies [UPSs])** — 본 섹션은 다음을 초과하는 출력을 갖는 UPS 에 적용된다; 30 volts rms, 42.4 volts peak; 60 volts DC 또는 240 volts-amps

13.5.1 장비와 함께 UPS 가 제공 될 경우, 그 위치 및 배선에 대한 정보가 설치 및 유지보수 매뉴얼에 분명히 설명되어야 한다.

13.5.2 UPS 의 전원은 다음의 경우 중 하나라도 발생할 시 차단되어야 한다.

- EMO 버튼이 눌러진 경우 또는
- 주 장비 차단장치가 오픈된 경우 또는
- 주 회로의 차단기가 오픈된 경우

EXCEPTION: EMO 가 작동될 시, § 12.2 의 예외조항에 따라 UPS 는 EMO 회로, 안전 관련 장치 및 데이터/알람 로그인하는 컴퓨터 설비에 전원을 공급할 수 있다.

13.5.3 UPS 가 자체 엔클로저 내에 존재한다는 점이 확인되는 경우, 장비의 영향 범주 내에 UPS 를 물리적으로 배치할 수 있다.

13.5.4 UPS 는 공인시험기관에서 인증되어야 하고 의도한 환경(예: 습기 있는 장소, 부식성 물질에 노출)에 적합해야 한다.

13.5.5 UPS 배선은 차단될 수 있는 각 끝지점에서 'UPS 공급출력' 또는 이와 동등한 의미로 명시되어야 한다.

13.6 **전기적 안전성 시험(Electrical Safety Tests)**

13.6.1 시설의 분기 회로에 코드와 플러그로 연결된 장비의 표면 누설 전류는 SEMI S22 항목의 '플러그-코드 장비의 누설 전류 검사' 방법에 따른 시험을 통해 결정된 값은 3.5 mA 를 초과해서는 안 된다.

EXCEPTION: 장비가 적용 가능한 안전기준을 준수하고 높은 전류를 허용함을 명확하게 명시한 문서가 제공되는 경우는 3.5 mA 를 초과하는 누설 전류가 허용될 수 있다.

13.6.2 장비 보호 접지회로의 측정된 저항은 SEMI S22 항목의 '접지의 연속성 및 보호 결합 회로의 연속성 시험 (Earthing Continuity and Continuity of the protective Bonding Circuit Test)' 방법에 따라 결정된 값의 10 분의 1(0.1) ohm 이하여야 한다.

13.7 가연성 액체 또는 기체가 사용되는 장비는 전기적 설계에 부가적인 예방책(예: purging)의 필요성을 결정하기 위해 평가해야 한다.

NOTE 52: NFPA 497 과 EN 1127-1 에서 본 평가에 대한 방법을 제공한다.

14 화재예방 (Fire Protection)

14.1 개요 (Overview) — 본 섹션은 장비에 내재된 화재위험에 적용된다.

14.1.1 본 섹션은 장비의 제어와 화재예방 설계를 위한 최소한의 안전 고려사항을 제공한다.

14.1.2 본 섹션은 장비와 함께 제공되는 화재감지와 소화설비에 대한 최소한의 고려사항들을 제공한다.

NOTE 53: 반도체 제조 장비에 대한 화재 위험성 평가 및 완화에 대한 자세한 안내는 SEMI S14 에 제공되어 있다.

14.2 위험성 평가 (Risk Assessment)

14.2.1 문서화된 위험성 평가는 화재 위험과 제어 장치의 필요성에 대해 평가하고 결정하기 위해 시행되거나, 자격 있는 자에 의해 승인 되어야 한다. 이 위험성 평가는 장비 내의 정상적인 작동과 장비 내에서 예측 가능한 단일지점의 결함을 고려해야 한다. 위험성 평가는 특정 사용 환경 내에서 발생하지 않는 화재에 대한 노출이나 외부 점화원 원인은 고려하지 않는다.

NOTE 54: 위험성 평가자가 화재위험 위험성 평가를 수행할 수 있는 전문 기술을 갖춘 경우, 화재평가는 이 가이드라인을 위해 수행되는 전반적인 위험분석과 결합되어 시행될 수 있다. 이러한 평가자의 자격에 대한 설명은 SEMI S7 에 명시되어 있다.

14.2.2 정확한 위험성 평가를 위해 사용자가 특정 절차 또는 사용 조건을 준수해야 하는 경우, 공급자는 해당 절차 또는 조건을 설명하고 그들의 중요성을 명시해야 한다.

14.2.3 항목 및 환경에 대한 위험성을 평가하고 보고하는 데 SEMI S14 가 활용되어야 한다.

14.3 보고 (Reporting)

14.3.1 사용자에게 요약 보고서가 제공되어야 한다. 요약 보고서에는 SEMI S10 에 따라 확인된 잔류화재 위험과 관련해 다음 사항에 대한 설명이 필요하다.

- 선정된 심각도
- 선정된 가능성(확률)
- 도출된 위험성 카테고리

14.3.2 선택적 화재 위험 감소 기능은 사용자에게 제공되는 구매 전 정보에 기술되어야 한다.

14.3.3 예상되는 위험 감소(§ 14.3.1 참조)를 포함한 화재 위험을 감소시키는 방법에 대한 효과와 범위에 대해 확인하고 보고되어야 한다.

14.3.4 장비 내 화재 위험으로 인한 장비 외부에 열 또는 열 이외(예: 연기)의 이유로 인한 손상 가능성이 있는 경우, 그 가능성에 대해 사용자에게 보고해야 한다. 이 보고서에는 예상 시나리오에 대한 충분한 (qualitative) 설명이 포함되어야 한다.

14.4 화재 위험 감소(탐지 및 소화 제외) (Fire Risk Reduction (Other than Detection and Suppression))

14.4.1 시공자재 (Materials of Construction) — 장비는 필요에 따라 불연성 자재로 구성되어야 한다. 공정화학물질로 인해 불연성 자재의 사용이 허용되지 않을 경우, 장비는 화재 위험을 최소화 할 수 있도록, 사용되는 공정화학물질과 적합하고 호환되는 자재로 구성되어야 한다.

NOTE 55: 일부 관할권(예: Uniform Fire Code)에서는 불연성 자재의 사용이 요구 될 수 있다.

14.4.1.1 Appendix 4 에 있는 순서도는 장비구성 자재 선정 시 이용될 수 있다.

14.4.1.2 SEMI F14 (Guide for the Design of Gas Source Equipment Enclosure) 범위에 있는 장비의 일부는 그 가이드라인에 따라 설계되어야 한다.

14.4.2 공정화학물질의 위험 제거 (Elimination of Process Chemical Hazards) — 인화성 공정가스를 비인화성 공정가스로 대체하는 옵션을 고려해야 한다.

14.4.3 공학적 제어장치 (Engineering Controls)

14.4.3.1 공정화학물질로 인한 화재 위험은 공학적 제어장치를 통해 감소시킬 수 있다(예: 부적절한 화학물질 혼합의 방지, 온도의 인화점 도달 방지).

14.4.3.2 구성자재로 인한 화재위험은 공학적 제어장치를 통해 감소시킬 수 있다(예: 점화원으로부터 가연성 구성자재를 격리시키는 불연성 방어벽의 사용).

14.4.3.3 수용불가 수준의 화재 위험이 있는 화학적 원인물 또는 장비의 전원은 화재 감지 및 소화설비가 작동되지 않을 때 화학물질의 유출 또는 장비의 가동을 방지하기 위하여 화재감지 및 소화설비와 연동되어야 한다.

NOTE 56: 일부 지역의 경우 인터록을 요구.

NOTE 57: 수용가능성에 대한 기준에 대해서는 § 6.5 참조.

14.4.3.4 클린룸에서 배기 장치(공급자가 명시한 배기 장치)를 통해 연기를 배출시킴으로써 연기를 제거하는 방법은 연소물질의 생성으로 인한 화재 위험을 줄이는데 이용될 수 있다.

NOTE 58: 연기의 위험을 제어하기 위해 배출구를 사용하고 화염 전파의 위험이 있는 경우,이 위험 감소 방법을 탐지 또는 소화 장치와 결합하는 정보에 대하여는 § 14.5 참조.

NOTE 59: 연기만 발생할 경우, 연기 제어 방법만으로도 충분할 수 있다(예: 연기를 발생시키는 혼소 부품).

NOTE 60: 연기 제어가 효과적이기 위해서는 장비에서의 연기 제거와 더불어 클린룸에서도 연기가 제거되어야 한다. 이는 보통 덕트가 있는 배기 장치를 사용함으로써 해결된다.

NOTE 61: 연기를 제거하기 위한 배기 장치의 사용은 건축 및 소방법규의 대상이 될 수 있다.

NOTE 62: 연기를 제거하기 위한 배기 장치의 사용은, 배기 시스템 내부의 위험을 초래할 수 있다. 따라서 배기 시스템 내로의 예상되는 방출(예: 예상되는 기류의 속도, 온도, 또는 연기 발생률)에 대한 기술은 장비의 설치 시 중요한 정보가 될 수 있다.

14.5 화재 탐지 및 소화 시스템 (Fire Detection and Suppression Systems)

14.5.1 화재 감지 (Fire Detection) — 다음 기준은 화재 위험성 평가에 의해 화재 예방이 적합하다고 결정된 모든 화재 감지 시스템에 적용된다.

NOTE 63: 열 감지기, 연기 감지 장치 및 장비의 상태를 감지하는 목적만을 갖는 기타 장치는 본 가이드라인을 충족할 필요는 없다. 그러나 일부 지역의 경우 모든 연기 감지기가 건물에 연결되고 적용 가능한 화재경보법규를 준수하도록 요구할 수 있다.

14.5.1.1 감지기, 경보장치, 그리고 관련 제어장치를 포함한 화재 감지 시스템은 공인시험기관에 의해 인증되고 해당 시스템의 적용과 사용될 환경에 적합한 것이어야 한다.

NOTE 64: 이러한 인증 시, 보통 화재 감지 시스템 부품이 설비의 다른 부품과 쉽게 구별되고 확인될 수 있을 것을 요구한다.

14.5.1.2 화재감지, 경보 및 제어 시스템은 § 14.5.1.1의 인증요구 조건에 따라 설치되어야 하고, 적절한 국제 또는 국내 법률과 기준의 요건에 적합해야 한다(예: NFPA 72).

14.5.1.3 화재 감지 시스템은 시설의 경보 시스템과 연결될 수 있어야 한다. 장비 공급자는 감지기의 성능 및 위치를 특정할 수 있으나, 사용자가 장비 내 감지기와 시설 내의 감지기를 더욱 효과적으로 통합할 수 있도록 특정하지 않는 것 또한 권장될 수 있다. 이 대안은 장비 사용자와 충분히 협의되어야 한다.

14.5.1.4 화재 감지 시스템은 시각적 및 청각적 경보를 발생시킬 수 있어야 한다.

14.5.1.4.1 가청 경보는 화재 감지가 포함된 장비의 일부에서 2 m 이내에 또는 각 작업 또는 유지 보수/서비스 위치에서 요원이 들을 수 있는 위치에 있어야 한다. 이 경우 하나 이상의 가청 장치가 필요할 수 있다.

14.5.1.4.1.1 가청 경보는 경보가 시작되기 전에 최소 90 dB 이고 최대 장비 잡음 레벨보다 5 dB 높아야 한다. 이 기준에 대한 적합성은 대표 위치에서의 음향 레벨을 측정함으로써 결정될 수 있다.

NOTE 65: 경보 소음 수준의 상한선은 다양한 표준과 규정에 의해 부과된다. 이 문서의 발간 시점에서 발급 태스크 포스가 알고 있는 최저치는 NFPA 72-2013, 국가 화재 경보 및 신호 코드 18.4.1.2 절에 의해 부과된 110 dBA 이다.

NOTE 66: 일부 화재 법규에서는 가청 경보와 건물 화재 경보기를 구별할 것을 요구한다.

NOTE 67: 최종 사용자에게 제공되는 문서에는 최종 사용 환경의 주변 소음보다 가청 경보가 식별 가능한지 확인하도록 지침을 포함해야 한다.

14.5.1.4.2 시각적 경보는 화재 감지가 포함된 모든 출입구의 장비 외부에서 볼 수 있어야 한다. 이 경우 하나 이상의 시각적 장치가 필요할 수 있다.

NOTE 68: 완전히 수납할 수 있는 보호 장비 공간에 대해서는 장비 내부의 시각적인 경보를 고려할 수 있다.

14.5.1.5 인력이 항상 배치되는 지역에는 수동으로 조작할 수 있는 화재 감지 시스템 기능을 고려해야 한다.

14.5.1.5.1 수동 작동 장치는 운전 및 일상적 유지보수 지역에서 15 m(50 ft) 이상 이격되지 않는 것이 좋다. 이를 달성하기 위해 하나 이상의 수동 작동 장치가 필요할 수 있다.

14.5.1.6 문제 발생 시, 또는 감독 상태에서는 다음의 모든 사항이 뒤따라야 한다.

- 조작자에게 통지한다.

- 장비에서 기판의 공정을 완료하도록 한다.
- 문제 또는 감시 상태가 해결 될 때까지 기판의 추가공정을 막아야 한다.
- 외부로의 연결을 통해, 시설의 모니터링 설비 또는 인력이 항상 배치되는 지역에 신호를 보낸다.

NOTE 69: 일부 지역에서는 이러한 알람이 건물/시설의 화재 알람 체계에 신호를 줄 것을 요구한다.

14.5.1.7 화재 감지 시스템은 장비가 작동불능상태(예: 장비 제어장치의 고장)나 유지보수 모드(예: 일부 또는 모든 장비의 위험에너지가 격리될 때 ('locked out')) 일 경우에도 항상 작동될 수 있어야 한다. 본 섹션에서 '작동불능'의 의미는 EMO 작동 후 장비의 상태와 장비의 위험 에너지가 차단된(즉, 'locked out') 후의 상태를 포함한다. 따라서 감지 시스템은 위험 수준의 전압이(예, AC 라인) 감지 시스템의 제어 엔클로저 내의 장비 이외의 것들을 작동하는데 요구되지 않도록 해야 한다. 감지 시스템 제어 엔클로저 외부에 위치한 센서와 기타 감지기는 위험 수준의 전압을 요구해서는 안 된다.

EXCEPTION: 화재 감지 시스템을 유지보수하는 동안에는 작동이 요구되지 않는다.

14.5.1.7.1 위험 전압을 전달하는 전선이 다른 전선과 격리되어 있고 적절한 라벨로 표시된 경우, 위험 에너지가 격리된 후 또는 장비 EMO 가 작동된 후에 감지 시스템의 제어장치 엔클로저에 위험 전압의 전력이 공급될 수 있다.

14.5.1.7.2 만일 감지 시스템 제어장치로 위험전압을 공급하는 것이 장비에서 기타 위험전압을 제거하는 에너지 격리방법으로 제거되지 않았다면, 감지 시스템 제어장치 엔클로저로 공급되는 위험전압에 대해 별도의 위험 에너지 제거 기능이 반드시 있어야 한다.

14.5.1.8 24 시간동안 감지 시스템을 유지시킬 수 있는 배터리 또는 다른 규제기관에서 수용 가능한 비상전원이 대안으로 확보되어야 한다.

NOTE 70: 백업전원은 현지 규정에 적합하게 제공되어야 한다. 백업전원에 대한 요구사항은 지역에 따라 상이하다.

14.5.1.9 화재 감지 시스템은 EMO 작동 후에도 작동상태로 유지되어야 한다.

14.5.1.10 감지 시스템의 내부의 전원 공급이 연장된 유지보수절차(즉, 백업전원 공급의 예상 기간보다 긴 절차) 기간 동안 전원을 공급할 수 없는 상황이 발생할 수 있다. 이 경우 공급자는 화재 위험을 제거하거나 안전하게 화재 감지 시스템 전원을 공급하기 위한 절차서를 제공해야 한다.

14.5.1.11 화재 감지 시스템이 작동되면 장비를 안전하게 정지하기 위해 허용된 가장 짧은 시간 내에 장비를 정지시켜야 한다. 이는 모듈이나 구성부품에 영향을 줄 수 있는 추가적인 화재위험을 초래할 수 있는 모든 화재 관련 위험요소의 정지를 포함한다.

NOTE 71: 관련 규정으로 § 14.4.3.3 과 § 14.4.3.4 참조.

EXCEPTION 1: 재순환 되지 않는 데드맨 중지 스위치 (deadman abort switch) 는 장비의 정지를 위해 사용되는 감지 시스템에는 허용되지만, 소화 시스템의 작동을 유해해서는 사용되지 않는다.

EXCEPTION 2: 화재 감지 시스템을 작동할 경우 화재 및 안전설비의 전원이 차단되어서는 안 된다.

14.5.1.12 화재감지 또는 소화 시스템의 고장 및 중지로 인해 장비를 즉시 정지시킴으로써 내부의 생산 공정을 중단시킬 필요는 없지만, 화재감지 및 소화설비가 복구될 때까지 추가적인 공정 진행은 방지해야 한다. 이를 위해 소프트웨어 혹은 하드웨어가 사용될 수 있다.

14.5.1.13 장비의 설계 및 구성 시 인가된 기관이 화재 감지 시스템의 설계 및 설치를 인증하는데 방해되어서는 안 된다.

NOTE 72: 이는 인가된 기관에서 설치를 제안한다는 것을 의미하는 것은 아니다. 그러나 일부 관할에서는 화재감지와 소화 시스템 설치자는 관할에서 명기한 바에 따라 면허를 받을 것을 요구한다.

14.5.2 *소화 (Fire Suppression)* — 다음 가이드라인은 화재 위험성 평가에서 소화 시스템이 적합한지를 판단하기 위해 적용된다.

NOTE 73: 화재 감지 시스템은 일반적으로 소화 시스템의 작동시작 순서를 제공하기 위해 필요한 관계로, 본 가이드라인의 의도는 이 항목이 § 14.5.1 에 설명된 화재 감지 시스템과 같게 하고자 하는 것이다.

14.5.2.1 노즐, 작동 장치 (actuators) 및 관련 제어 장치가 있는 소화 시스템은 공인시험기관에 의해 인증되어야 하고 적용 및 사용될 환경에 적합해야 한다.

NOTE 74: 이러한 인증들은 보통 소화설비의 구성요소가 장비 내 다른 구성 요소와 비교해 쉽게 확인되고 구별되어야 한다. 여기에는 배관에 대한 적절한 라벨을 부착하는 것도 포함된다.

14.5.2.2 화재 소화약제는 공인시험기관에서 의해 적용이 인가되어야 한다. 소화약제의 선택과정에는 소화약제의 양과 보관장소, 클린룸과 환경의 피해 가능성에 대한 평가가 포함되어야 한다. 최소의 피해 줄 수 있는 약제가 선정되어야 한다. 하나 이상의 약제가 효과적일 경우 사용자에게 선택에 대해 명확히 언급하여 사용자가 어떤 약제가 장비와 공급되어야 할지를 정하도록 한다. 공급자는 또한 사용자가 약제를 공급해야 하는지의 여부에 대해서도 명확히 언급해야 한다.

14.5.2.3 화재 소화약제와 분배 시스템은 적합한 국제 혹은 국내기준에 따라 설계되고 설치되어야 한다.(예: NFPA 12, NFPA 13, NFPA 2001). 장비 공급자는 소화 시스템 부품의 성능 및 위치를 특정할 수 있으나, 사용자가 장비 내 소화설비와 시설 내의 소화설비를 더욱 효과적으로 통합할 수 있도록 특정하지 않는 것 또한 권장될 수 있다. 이 대안은 장비 사용자와 충분히 협의되어야 한다.

14.5.2.4 장비의 SEMI S2 에 대한 평가는 소화설비와 연계된 위험요소를 포함해야 한다.

NOTE 75: 이는 소화 시스템과 통합되어 발생할 수 있는 위험(예: 화학물질에의 노출, 소음, 질식)도 포함된다.

14.5.2.5 소화 시스템의 작동으로 장비에 시각적, 청각적 경보가 발생되어야 한다. 이는 작동을 시작하는 동일한 시스템에 의해 수행될 수도 있다.

14.5.2.5.1 가청 경보는 소화 약제가 배출되는 장비의 일부로부터 2 m 이내에 또는 각 작업 또는 유지 보수/서비스 위치에서 요원이 들을 수 있는 위치에 있어야 한다. 이 경우 하나 이상의 가청 장치가 필요할 수 있다.

14.5.2.5.1.1 가청 경보는 소화 약제 배출이 시작되기 전에 최소 90 dB 이고 최대 장비 잡음 레벨보다 5 dB 높아야 한다. 이 기준에 대한 적합성은 대표 위치에서의 음향 레벨을 측정함으로써 결정될 수 있다.

NOTE 76: 경보 소음 수준의 상한선은 다양한 표준과 규정에 의해 부과된다. 이 문서의 발간 시점에서 발급 태스크 포스가 알고 있는 최저치는 NFPA 72-2013, 국가 화재 경보 및 신호 코드 18.4.1.2 절에 의해 부과된 110 dBA 이다.

NOTE 77: 일부 화재 법규에서는 가청 경보와 건물 화재 경보기를 구별할 것을 요구한다.

NOTE 78: 최종 사용자에게 제공되는 문서에는 최종 사용 환경의 주변 소음보다 가청 경보가 식별 가능한지 확인하도록 지침을 포함해야 한다.

14.5.2.5.2 시각 경보 장치는 소화 약제가 배출되는 모든 보호 구역 입구에서 장비 외부에서 볼 수 있어야 한다. 이 경우 하나 이상의 시각적 장치가 필요할 수 있다.

NOTE 79: 완전히 수납할 수 있는 보호 장비 공간에 대해서는 장비 내부의 시각적인 경보를 고려할 수 있다.

14.5.2.6 약제 유출 (discharge) 이 사람에게 위험을 초래할 수 있는 경우, 적절한 때에 경보가 울려 사람이 약제 유출에 의한 위험을 피할 수 있도록 해야 한다.

14.5.2.6.1 장비에 공간이 한정된 경우, 소화 시스템에 의한 질식위험에 대해 평가되어야 한다.

14.5.2.7 소화 시스템은 장비가 작동불능일 때나, 장비의 유지보수 중일 때를 포함해서 항상 작동 가능해야 한다.

NOTE 80: 이 섹션에서 '작동불능'에는 EMO 작동 후 장비의 상태가 포함된다.

EXCEPTION: 대부분의 소화설비에는 위험 에너지원이 존재한다. 이 에너지원은 사람을 보호하기 위해 차단(예, 'locked out')될 수 있어야 한다.

14.5.2.8 소화 시스템은 EMO 작동 후에도 작동상태로 있어야 한다.

14.5.2.9 소화 시스템의 내부 전원 공급이 연장된 유지보수절차(예: 예상되는 백업전원 공급기간보다 더 긴 절차) 기간 동안 전원을 공급할 수 없는 상황이 발생할 수 있다. 이 경우 공급자는 화재위험을 제거하거나 안전하게 소화 시스템에 전원을 공급하기 위한 절차서를 제공해야 한다.

14.5.2.10 유지보수 모드에 있을 때 소화 시스템의 자동 방출이 비활성화 되도록 할 수 있다. 이러한 비활성화 스위치는 모니터링 되어야 한다(즉, 소화 시스템이 비활성화되었을 때는, 사용자에게 알려 장비의 생산 재개를 방지하여야 한다.).

NOTE 81: 소화 시스템과 관련된 위험 에너지는 장비의 유지보수 중, 에너지 차단절차(§ 17 참조)를 이용하여 차단(즉, locked out 될 수 있다).

NOTE 82: 소화설비 비활성화의 허용은 관할기관마다 다르다.

14.5.2.11 소화 시스템이 작동되는데 사용되는 감지 시스템과는 다른 별도의 전원을 필요로 하는 경우, 24 시간 동안 소화설비를 유지할 수 있는 백업전원 공급 장치가 포함되어야 한다.

NOTE 83: 백업전원에 대한 요구사항은 지역에 따라 상이하다.

14.5.2.12 소화 시스템은 시설 측 경보 시스템과 연동되어야 한다. 이것은 화재감지시스템을 통해 이루어진다.

14.5.2.13 소화 시스템이 작동되면 장비가 안전하게 정지하기 위하여 허용된 최단 시간 내에 장비를 정지시켜야 한다.

NOTE 84: 관련 규정으로 § 14.4.3.3 과 § 14.4.3.4 참조.

EXCEPTION: 소화 시스템의 작동이 화재 및 안전 시스템의 전원공급을 차단해서는 안 된다.

14.5.2.14 소화 시스템은 수동으로 작동할 수 있어야 하며, 이때 장비를 정지시키고 알람 신호를 해당지역 및 주의를 요하는 장소에 지속적으로 발하여야 한다.

14.5.2.14.1 운전 및 일상적 유지보수 지역은 소화 설비로 보호된 장소가 보이는 곳에서 15 m (50 ft.)이상 이격되어서는 안 된다. 이를 달성하기 위해 하나 이상의 수동 작동 장치가 필요할 수 있다.

14.5.2.15 장비의 대표 샘플을 통하여 소화 시스템에 대한 시험을 해야 한다. 보건 및 환경 상의 이유로 배제되지 않는 한, 시험 절차에는 소화약제의 방출 시험이 포함되어야 한다. 이 시험은 장비 공급자의 혹은 이와 유사한 시설에서 시행될 수 있지만, 소화의 효과를 감소시킬 수 있는 모든 요소(예: 장비의 배기)가 적절히 반복되는 조건 하에서 수행되어야 한다. 이 대표 샘플은 완전히 작동이 될 필요는 없지만, 시스템의 성능에 부정적 영향을 주는 요소(예: 배기, 공기 흐름)는 재현되어야 한다.

14.5.2.16 소화약제 에 대한 접근을 제어하는 절차가 제공되어야 한다(예: 비인가자가 약제 실린더를 분리하지 못하도록 보호해야 함.).

14.5.2.17 인가 받은 자가 소화설비의 설치와 설계 인증을 하는데 방해되지 않도록 장비를 설계하며 배치하도록 한다.

NOTE 85: 이는 인가된 기관에서 설치를 제안한다는 것을 의미하는 것은 아니다. 그러나 일부 관할에서는 화재감지와 소화 시스템 설치자는 관할에서 명기한 바에 따라 면허를 받을 것을 요구한다.

14.5.2.18 *소화약제를 위한 배관설치 (Installation of Piping for Fire Suppression Agent)* — 소화배관설비는 다음과 같아야 한다.

- 부식이 방지된 구성부품으로 만들어져야 한다.
- 부품 주위에 물이 차며 부식을 일으킬 수 있는 기타 조건들을 최소화하도록 설계되어야 한다.
- 기계적인 점검을 쉽게 할 수 있도록 설계되어야 한다.

14.5.2.19 배관은 소화약제의 방출로 인해 발생하는 고압을 견딜 수 있도록 설계, 설치, 시험되어야 한다.

14.5.2.20 공급자는 적절한 현장 배관설치에 필요한 정보를 제공해야 한다.

14.6 *경고와 안전한 작업의 실천 (Warnings and Safe Work Practices)* — 장비의 화재감지와 소화설비에 대한 경고 및 안전한 작업의 실천(예: 가압된 소화설비 내에 저장된 위험 에너지, 작동중인 화재감지설비의 범위 내에서의 화염 (open flames) 사용제한)은 공급자가 제공하는 문서에 포함되어야 한다.

14.7 *화재감지와 소화설비의 시험과 유지보수 (Maintenance and Testing of Fire Detection and Suppression Systems)* — 장비 공급자는 각 장비에 있는 화재설비에 대한 자세한 유지보수와 시험에 대한 절차서를 제공해야 한다. 이 절차서에는 시험주기뿐만 아니라 시험에 필요한 특수장비에 대한 설명도 포함되어야 한다.

14.7.1 화학물질이 발생하는 시험 장치(예: 연기 발생기)는 클린룸에서의 사용을 피해야 한다.

NOTE 86: 화재감지설비의 시험에 사용되는 UV/IR 의 발생원에 대한 정보는 §(비-전리 방사능(non-Ionizing Radiation))을 고려해야 한다.

14.7.2 유지 보수 시험 절차는 설비 인터페이스의 시험과 모든 장비의 화재감지 및 소화설비들의 기능 확인을 포함해야 한다.

14.7.3 화재감지와 소화설비는 구성부품의 예방 보수로 성능이 저하되지 않도록(예: 센서의 이동 또는 파손으로 인한 결과) 설계되어야 한다.

14.7.4 시험이 수행될 경우, 공급자는 소화약제가 방출될 시 발생하는 음압의 레벨 (sound pressure level) 을 문서화하여야 한다.

14.7.5 화재감지와 소화 시스템의 시험과 유지보수에 사용되는 물질 혹은 절차는 장비의 의도된 기능을 수행하는 장비의 성능을 저하시켜서는 안 된다.

14.7.6 공급자는 화재감지와 소화설비에 있는 위험 에너지를 설명하고, 적절한 차단 방법을 제공해야 한다(§ 17.2 참조).

14.8 *환경적 (Environmental)* — 공급자는 장비에 사용되는 소화약제의 방출로 인한 영향에 대한 가이드라인을 사용자에게 제공해야 한다.

15 공정용 액체 가열 시스템 (Process Liquid Heating Systems)

15.1 공정용 액체 가열 시스템 (Process Liquid Heating Systems) 에 대한 최소한의 안전설계 고려사항에 대해서는 SEMI S3 를 참조한다.

NOTE 87: SEMI S3 에서 '공정용 액체 (process liquid)' 는 반도체 또는 평판 디바이스의 제작 과정 중 기판의 표면에서 액체상태로 화학적 혹은 물리적 반응에서 관여하는 물질을 말한다. '공정용 액체 가열 시스템 (Process Liquid Heating Systems)' 은 히터, 전원과 제어설비, 용기로 이루어진 가열 시스템을 의미하는데, 적용 가능 시 열전달 액체와 관련된 배관을 포함하여 일컫기도 한다.

NOTE 88: 가연성 또는 인화성 물질을 사용하는 용기에 대한 화재 예방 위험성 평가 고려사항은 § 14 를 참조한다.

16 인체공학과 인적 요소 (Ergonomics and Human Factors)

16.1 *일반사항 (General)* — 인체공학과 인적요소 설계 원칙은 장비 개발 과정에서 인체공학과 인적요소의 위험성을 확인하고, 이를 제거하거나 경감시키기 위해 통합되어야 한다.

16.2 *적합에 대한 조항 (Provisions for Conformance)* — 장비는 SEMI S8 에 규정된 가이드라인에 따라 평가되어야 한다. Supplier Ergonomic Success Criteria (SESC, SEMI S8 참조) 또는 이에 상응하는 가이드라인이 평가를 문서화 하는데 사용되어야 한다.

17 위험 에너지 차단 (Hazardous Energy Isolation)

17.1 *일반 사항 (General)*

17.1.1 위험 에너지원과의 접촉을 유발할 수 있는 작업에 대해 잠금형 에너지 차단 기능을 제공하여야 한다.

17.1.2 서브 어셈블리(하부 조립품)에 대한 서비스 작업이 안전하게 실행되어야 하는 경우, 에너지 차단장치(예: 회로차단기(CB), 차단스위치, 수동밸브)가 전체 장비 시스템을 정지시키는 대안으로 이용되기 위해 제공될 수 있다. 차단장치는 서브 어셈블리에 대한 모든 위험 에너지를 차단시키며 위험 에너지가 차단된 위치에서 잠글 수 있어야 한다.

17.1.3 에너지 차단장치를 작동시키며 검사하는 사람은 트립되거나, 넘어지거나, 혹은 전원이 공급된 전기 부품, 움직이는 기계, 고온에서 작동하는 물체나 표면, 혹은 기타 위험 장비에 접촉되는 심각한 위험에 노출되어서는 안 된다.

NOTE 89: 위험 에너지에는 전기, 저장된 전기(예: 커패시터 (capacitors), 배터리), 화학적, 열/극저온, 잔류 압력(예: 가압용기), 부유 중량물, 잔류 기계(예: 스프링), 생성된 압력(예: 유압 및 공압)과 기타 상해의 위험을 초래할 수 있는 에너지원을 포함한다.

NOTE 90: 가동중지시간을 최소화 하고 사용 편의를 제공하기 위해 유지보수 또는 서비스 업무가 수행되는 구역에 에너지 차단 장치를 배치하는 것이 선호된다.

NOTE 91: 비호환성 위험 에너지원(예: 전기, 물, 호환되지 않는 가스)에 대한 에너지 차단장치는 분리할 것을 권고 한다.

NOTE 92: 위험전압의 전원차단, HPM 의 흐름을 중단, HPM 저장고 봉쇄, HPM 및 공압 라인의 압 차단 또는 봉쇄, 커패시터 내 잔류 에너지의 방출, 위험한 움직임이 있는 부품의 정지, 위험한 온도원 차단.

NOTE 93: 통합된 잠금 기능이 있는 에너지 차단장치가 선호되나, 실행 불가능하거나 상업적으로 불가능할 경우 탈착식 잠금 어댑터를 사용할 수 있다.

NOTE 94: 위험 에너지의 소방에 대한 정보는 § 14 를 참조한다.

17.2 설치 및 유지보수 매뉴얼 (Installation and Maintenance Manuals)

17.2.1 설치 및 유지보수 매뉴얼에는 장비 내의 위험 에너지 종류에 대해 확인해야 한다.

17.2.2 설치 및 유지보수 매뉴얼에는 아래 사항에 대한 장비의 특정 가이드라인을 제공하여야 한다.

- 순차적으로 장비를 정지시키는 절차
- 장비 내 모든 에너지 차단 장치의 위치와 작동 방법
- 부가된 에너지 차단 장치 ('lockout /tagout')
- 모든 저장 에너지의 방출법
- 장비가 실제로 차단되고 전원이 차단 되었는지 확인하는 방법
- 장비가 차단된 상태에서 적절히 방출되는 방법

17.2.3 제조자가 서브어셈블리 내에서의 작업에 대한 서면 유지보수 절차를 제공하고, 장비전체 수준에서 위험 에너지의 제어없이 이러한 작업을 수행하고자 할 경우, 설치와 유지보수 매뉴얼에 서브어셈블리 수준의 적절한 에너지 차단 절차를 제공해야 한다.

17.3 전기 에너지 차단(Electrical Energy Isolation)

17.3.1 주 에너지 차단 기능은(장비의 공급 차단) 쉽게 접근 가능한 곳에 있어야 하고, 전원이 차단된 위치에서만 잠글 수 있어야 한다.

NOTE 95: 여러 전원 공급원이 있는 장비의 경우 모든 에너지 차단 장치가 한 곳에 위치하도록 권장한다.

17.4 비 전기 에너지 차단(Nonelectrical Energy Isolation)

17.4.1 장비에는 유지보수 또는 서비스 작업 전 가압된 시스템 및 저장된 에너지와 같은 위험한 에너지를 차단하거나 에너지 상태를 0으로 줄일 수 있는 규정 및 절차를 포함하여야 한다.

17.4.2 위험 에너지 차단 장치는 쉽게 접근 가능한 위치에 있어야 한다.

17.4.3 위험 에너지 차단 장치는 위험 에너지가 차단된 위치에서만 잠글 수 있어야 한다.

18 기계 설계 (Mechanical Design)

NOTICE: § 18.8 에 대한 수정사항은 Delayed Revisions Section 2 에 기술된 바와 같이 2018 년 7 월 간행본부터 효력을 갖는다. Environmental Health & Safety Global Technical Committee 에서는 아직 공식 문서로서 유효하지 않은 내용을 적용하는 것은 사용자의 선택에 따르도록 권고한다.

18.1 본 섹션은 장비의 기계적 측면으로 인한 위험에 대해 설명한다.

NOTE 96: 본 내용은 유럽연합의 지침 (European Union Directive) 의 필수요구사항과 유사하다. 공급자는 기계 및 적용에 적합한 표준을 선택하여 규정 준수여부를 입증할 수 있는 옵션이 있다.

NOTE 97: 압력용기는 적용 되는 코드 및 규정을 준수해야 한다.

18.2 사용자가 접촉할 것으로 예측되는 모든 노출 표면은 날카로운 모서리와 버 (Burr) 가 없어야 한다.

18.3 *기계의 안정성 (Machine Stability)* — 장비, 부품 및 부속품은 합리적으로 예측 가능한 운송, 설치 및 작동상태에서 안정될 수 있도록 설계하고 제작해야 한다. 특별 취급 장치 및 고정 장치 (anchors) 의 필요성에 대한 것은 지침에 명시되어야 한다. 설치된 상태의 고정되어 있지 않은 장비는 정상 위치에서 어느 방향이든 10 도 각도로 기울어졌을 경우, 균형을 잃지 않아야 한다.

NOTE 98: 안정성 시험의 예는 IEC 61010-1 을 참조한다.

18.4 *가동 중 고장 (Break-up During Operation)* — 장비의 여러 부품과 연동장치는 설계에 따라 사용 시 가해지는 응력 (stresses) 을 견딜 수 있어야 한다. 떨어지거나 날아다니는 물체에 대한 위험을 제어하기 위해 예방조치를 취해야 한다.

18.4.1 의도한 작동환경에서의 피로, 노화, 부식 및 마모에 의한 잠재적인 영향에 대해 기계적인 유해위험성 평가의 일부로 고려되어야 한다.

18.4.2 조치를 취했음에도 불구하고 균열 또는 분해의 위험이 남아있는 곳(예: 진공기능을 상실한 회로기판 척 (chuck))에는, 움직이는 부품은 균열될 경우, 그 파편들이 포함될 수 있도록 위치하며 설치되어야 한다.

18.4.3 액체 또는 가스를 수송하는 모든 경질 및 연성 배관들은 예상되는 내/외부 응력을 견딜 수 있어야 하며, 외부응력 및 변형에 견고하게 고정되거나 보호되어야 한다. 적용에 근거한 적절한 안전 요소가 포함되어야 한다.

18.5 움직이는 부품 (Moving Parts) — 장비의 움직이는 부품은 위험을 피할 수 있도록 설계, 제작되고 배치되어야 한다. 위험이 지속되는 곳일 경우, 부상을 초래할 수 있는 접촉 가능성을 줄일 수 있도록 장비에 보호대나 보호장치가 설치되어야 한다.

18.5.1 기계가 다른 사용조건(예: 속도 또는 에너지 공급이 다른 경우)에서 작동되도록 설계된 경우, 이러한 조건의 선택 및 조정이 안전하게 수행될 수 있도록 설계되고 제작되어야 한다.

18.5.2 움직이는 부품과 관련된 위험에 대한 보호방법의 선택 (Selection of Protection Against Hazards Related to Moving Parts) — 움직이는 부품과 관련된 위험에 대해 사용되는 보호대와 보호장치는 아래의 사항을 포함한 위험성 평가에 기초하여 선택해야 한다.

- 보호되고 있는 위험
- 각 위험 시나리오에 의한 부상의 심각도와 발생확률
- 보호대의 제거 빈도

18.5.3 보호대와 보호장치. 보호대는 아래와 같아야 한다.

- 기계적 위험에 접촉되어도 견뎌낼 수 있는 수준으로 위험을 감소시켜야 한다.
- 추가적인 위험을 초래하지 않아야 한다.

18.6 리프팅 장비 (Lifting Equipment) — 반도체 제조장비 (SME) 의 유지보수와 서비스를 위해 사용되는 리프팅 장비는 ¶ 18.6 의 적용 가능한 기준들과 그 하부 단락들의 사항들을 준수해야 한다.

NOTE 99: 본 섹션의 목적은 반도체 제조장비의 구상과 개발 과정에서 리프팅 장비와 관련된 유해위험요소와 가능한 결과들(예: 적재물의 추락, 충돌, 쏘림)에 대해 적절히 고려할 수 있도록 하기 위함이다.

EXCEPTION: 적용되는 표준, 코드, 혹은 규정을 준수함을 나타내는 문서가 있는 리프팅 장비는 해당 표준, 코드, 혹은 규정 외에도 ¶ 18.6.3, ¶ 18.6.4 및 그 하부 단락을 준수해야 한다.

18.6.1 리프팅 장비의 설계 기준 (Lifting Equipment Design Criteria)

18.6.1.1 기계적 강도 (Mechanical Strength) — 리프팅 장비는 가장 선호되지 않는 상황 (least favorable condition) 에서 최소 3 의 안전 요소를 갖도록 설계되어야 하며, 여기서의 안전 요소는 각 부품의 응력에 대한 항복비 (the ratio of yield strength) 로 결정된다. § 18.6 의 목적상, 가장 선호되지 않는 상황 (least favorable condition) 이라 함은, 리프팅 장비의 구성품에 가장 큰 응력을 주는 고정 또는 이동되는 요소들이 위치한 상태를 의미한다. 각 요소들이 '가장 선호되지 않는' 상황에서 시험이 되도록 하나 이상의 조건을 시험할 필요가 있을 수 있다. 여기서의 요소들은 다음을 포함한다.

- 고정되거나 탈착 가능한 붐 (boom)
- 고정되거나 탈착 가능한 붐과 함께 사용되는 엔드 이펙터 (end effectors) 혹은 그리퍼 (grippers)

- 슬링 (slings) 을 제외한 적재물과 리프팅 기기 사이의 연결을 제공하도록 설계된 고정 부품

NOTE 100: 최소 3 의 안전요소는 여러 표준 상에서 등장한다(예: ASME B30.20 Below-the-hook Lifting Device 하부 단락 20-1.2.2 General Construction¹⁶).

NOTE 101: 다른 종류의 리프팅 장비들에도 해당되는 만큼, 기준, 법률, 규정 등에 의해 필요한 다른 안전 요소들 역시 준수되어야 한다(예: EN1492 는 webbing sling 에 대해서는 7 의 안전요소 (SF) 를 요구하며, MIL-STD-1365 B 는 호이스트 링에 대해서 5 의 SF 를 요구하며, ASME B18.15M 은 리프팅 아이 (lifting eyes) 에 대해서 5 의 SF 를 요구함). 리프팅 기기 이외의 부분에 대한 기준의 적합성은 일반적으로 반도체 제조 장비의 지원에서 사용되는 리프팅 장비와 별도로 평가된다.

18.6.1.2 재료들은 의도한 용도에 적합해야 한다. 부식, 마모, 충격, 노화에 의한 영향을 고려하여 재료를 선택해야 한다.

18.6.2 *설계 검증 (Design Verification)* — 이 기준에 대한 적합성은 고려 중인 특정 리프팅 장비 혹은 대신할 수 있는 샘플에 대해 입증되어야 한다.

18.6.2.1 리프팅 장비에 대한 시험과 검증은 아래의 항목을 포함해야 한다.

- 전통적인 공학 계산
- Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) 등과 같은 위험성 평가
- 이후 제작된 리프팅 장비에 대해 아래에 설명된 바와 같은 물리적 시험

18.6.2.2 서면 시험 사양서 및 모든 시험의 결과와 함께 시험 수행 방법에 대한 사진 혹은 도면을 포함한 서면 보고서를 준비해야 한다.

18.6.2.3 ¶ 18.6.1 에서 ¶ 18.6.2.2 까지, 그리고 ¶ 9.6.3(사용자 문서화)의 내용을 포함한 문서는 충분한 시간을 두고 준비 및 보관되어 서비스가 되는 동안 장비에 대한 지원에 쓰이고 장비가 시장에 출하된 이후에도 충분한 시간(일반적으로 최소 10 년) 동안 유지되도록 마련하여야 한다. 이 기준들에 대한 적합성은 검사자가 활용 가능한 설계 검증과정부터 문서를 작성하고 검사자에게 장비 제조사가 적절한 기간 동안 기록을 보유할 프로그램을 가지고 있다는 증거를 제시함으로써 확인이 가능하다.

NOTE 102: 일부 표준과 지시서(예: ISO 2415 (forged shackles), 98/37/EC (Machinery Directive))들은 마지막 유닛이 제조되고, 시험되고 배송된 시점 기준으로 10 년 혹은 그 이상의 기간 동안 기록을 보유할 것을 요구한다.

18.6.3 *연속적으로 생산된 리프팅 장비 (Subsequently Produced Lifting Equipment)* — 각각의 리프팅 장비는 정적/동적 하중 시험에 대한 표준 사양서를 유지하는 시험 및 기록저장 사양서가 있어야 한다. 시험 인증서는 배송 시에 각 유닛에 포함되어야 한다. 공급자는 시험 기록의 사본을 배송 날짜로부터 최소한 10 년 동안 보유하고 있어야 한다.

EXCEPTION: 영구적으로 고정되고 시험된 리프팅 고정장치의 리프팅 액세서리들은 개별적인 시험이 불필요하다.

¹⁶ American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990, USA; Telephone: +1.973.882.1170, Fax: +1.973.882.1717, <https://www.asme.org>

18.6.3.1 정적 하중 시험(Static Load Testing)

18.6.3.1.1 정적 하중 시험은 각 리프팅 기기에 대해 측정된 하중의 150% 및 가장 선호되지 않는 상황에서 구조상의 기계적 요소를 가지고 실시된다(가장 선호되지 않는 상황에 대해서는 ¶ 18.6.1.1 참조).

NOTE 103: 신규 설계에 대한 정적 하중 시험 (proof load testing) 은 설계의 최대 작동 하중을 평가하는 과정의 일부이다.

18.6.3.1.2 정적 하중 시험은 시험 하중이 안정화된 이후(움직임을 멈춘 이후) 최소 2 분 이상의 시간에 대해서 실시되어야 한다.

18.6.3.1.3 시험 하중이 제거되고, 장비가 검사되고 난 뒤에 영구적인 변형 혹은 기타 물리적인 손상이 발견되지 않았다면 정적 시험에 통과한 것이다. 시험 결과에 손상 혹은 비정상적 요소가 있다면 시험에 실패한 것으로 간주한다.

18.6.3.2 동적 하중 시험(Dynamic Load Testing)

18.6.3.2.1 본 문서 내에서 정의된 내용을 따르는 리프팅 기기 각각에 대해서 동적 하중 시험이 실시되어야 한다

NOTE 104: 동적 하중 시험은 리프팅 장비가 올바르게 조립되었고, 리프팅 장비의 동적 동작을 감안하여 작동되며 기계적 멈춤 장치, 리미트 스위치, 브레이크(장착된 경우) 및 모든 안전 관련 요소를 포함한 모든 작업상의 요소가 완전히 조절되고 동작하는 지의 여부를 확인하기 위해 실시한다.

18.6.3.2.2 동적 하중 시험은 시험될 하중 사이클의 수가 그러한 시험이 적절하다고 하기에 충분한 경우에만 리프팅 고정장치 혹은 리프팅 액세서리들에 대해 실시되어야 한다.

NOTE 105: American Welding Society (AWS) Standard D14.1 의 표 3 에서는 20,000 번 이하의 주기적 거동 (cyclic) 하중을 정적 하중으로 본다. 그러므로 용접된 금속 리프팅 고정물 혹은 리프팅 액세서리의 수명 내 사이클의 예측 수가 20,000 보다 적은 경우는 동적 하중 시험이 불필요하다.

18.6.3.2.3 동적 시험은 아래의 방식으로 실시되어야 한다.

- 동작하는(정격) 하중의 110%를 사용
- 가장 선호되지 않는 상황에서 기계적 요소에 대해 시험 수행.
- 이동 가능한 축의 방향으로 작동 시 최대의 속도로, 최소한 왕복기준 2 회 시험 수행.
- 컨트롤 회로가 일부 동시 동작(부하의 회전 및 변위)을 할 수 있다면, 관련 움직임을 혼합하여 시험 수행.

NOTE 106: 크랭크를 사용하는 리프팅 장비의 수동 운용에 대해서, 크랭크 속도는 리프팅 기기와 크랭크 메커니즘에 기반을 두어 공급자와 평가자에 의해 동의된 크랭크 속도를 사용하는 것을 권고한다. 수동 크랭크는 일반적으로 최대 크랭크 속도로 설계되지 않는다. 본 시험의 목적은 크랭크의 힘이 운용상의 이동 범위 전반에 대해서 리프팅 기기를 손상시키지 않을 정도의 힘을 크랭크가 가지고 있는지를 검증하는 것이다. 동의된 동일 인물이 본 평가에 대해서는 크랭크 조작을 하도록 하는 것을 권고한다.

18.6.3.2.4 평가 통과 기준(Acceptance Criteria)

18.6.3.2.4.1 적절하지 못한 조립의 흔적이 없어야 한다.

18.6.3.2.4.2 과도한 마모 상태가 드러나지 않아야 한다.

18.6.3.2.4.3 기계적 멈춤 장치, 리미트 스위치, 브레이크(적합한 경우)를 포함해서 작동 시 요소들에 대해 적절하지 않은 동작 혹은 적합하지 않은 조정이 드러나지 않아야 한다.

18.6.3.2.4.4 간단한 조정이 필요한 것 이상의 문제를 드러내는 소음이 발생하지 않아야 한다.

18.6.3.2.4.5 모든 안전 기능들은 각자가 의도된 기능을 수행하고 활성화된 상태여야 한다.

18.6.3.2.4.6 기계적 혹은 구조적 요소가 영구적인 세트(yielding)로 존재하지 않아야 한다.

18.6.4 표시기준 (Marking Criteria)

18.6.4.1 리프팅 장비는 장비의 한 부분에 지워지지 않도록 뚜렷하고 영구적으로 표시 되어야 한다.

EXCEPTION: 영구적으로 고정되고 시험된 리프팅 고정장치의 리프팅 액세서리들은 개별적인 표시가 불필요하다.

NOTE 107: 독자적으로 사용될 수 있는 고정물의 구성품(예: 더 큰 리프팅 고정장치를 구성하는 개별 요소들)에 대해서는 표기가 필요하다.

18.6.4.1.1 리프팅 장비의 어떠한 부품에도 상충되는 표시가 있어서는 안 된다. (정격)작동 하중은 작업 위치 혹은 지상에서 읽을 수 있고 볼 수 있어야 한다.

18.6.4.1.2 다음의 최소한의 정보들이 포함되어야 한다.

- 장비 제조사 명과 주소, 혹은 등록상표
- (정격)작동 하중
- 해당 유닛의 제작 일자 및 초도 시험 일자
- 시리얼 번호(있는 경우에 해당함)

NOTE 108: 장비의 종류(예: 호이스트, 슬링, 및 액세서리)에 따라 다양한 표준 및 규정에 의해 제기되는 추가적인 표기 요구사항이 있다. 장비 제공자는 그러한 추가적인 정보가 필요한 경우에 고려되고 제공되어야 한다. 이는 지시서 혹은 지역 법령에 의해 요구되는 표기들을 포함한다(예: EU 에 대한 CE 마크).

18.6.5 인체공학상의 고려 사항 (Ergonomic Considerations)

18.6.5.1 리프팅 장비들은 본 안전 가이드라인서 상의 다른 부분에서 설명되는 인체공학적 설계 및 평가기준을 따른다. 이 지침서가 SME 에 적용이 가능하므로, 인체공학적 요소들이 리프팅 장비의 설계과정에서 고려되어야 한다.

18.6.5.2 수작업으로 위치시킬 리프팅 장비에 사용되는 핸들, 커플링 지점들이 제공되어야 한다. 핸들 혹은 커플링 지점들은 그 부품의 사용상에 있어서 어색한 자세가 발생하지 않도록 위치되어야 한다. 리프팅 장비의 움직임 중 발생할 수 있는 공간 및 자세에 대한 요건들은 SME 인체공학 평가의 일부로 평가되어야 한다.

18.6.5.3 사용자가 하중을 수평 방향으로 조작하기 위해 로프를 들어 올리거나 물체를 직접적으로 붙잡는 일이 없도록, 수작업으로 운전되는 축에 대해 핸들 혹은 커플링 지점이 있어야 한다. 하지만 하중을 특정 위치

혹은 방향으로 위치시키기 위해 사용자가 물체를 직접 잡고 지침을 제공해야 하는 상황이 발생할 수도 있다. 이는 가능하지만, 5cm(2 인치) 이상 하중을 움직이는 데에는 그러한 용도로 있는 리프팅 기기에 있는 핸들이나 특정 커플링 지점을 이용할 것을 권고한다.

18.7 경첩하중 지지 및 이동 메커니즘 (Mechanisms Supporting and Moving Hinged Loads)

18.7.1 § 18.7의 적용 가능성

18.7.1.1 SME의 일부로 만들어진 경첩과 메커니즘은 § 18.7의 적용 가능한 기준에 부합해야 하며, 경첩이 달린 관련 하중 이외의 다른 항목은 지지하거나 들어 올리지 않는 의도로 만들어진 것이어야 한다.

EXCEPTION: 5 kg (11 lb.)를 초과하지 않는 경첩이 달린 하중.

18.7.1.2 SME의 유지보수 및 서비스에 사용되는 다른 리프팅 장비 중 경첩에 달린 하중을 들어 올리는 데 사용되는 장비는 § 18.6의 적용 가능한 기준에 부합해야 한다.

18.7.2 경첩이 달린 하중이 움직이는 데 사용되는 에너지는 여러가지 방법으로 제공된다.

18.7.2.1 직접적 맨파워 (Direct Human Power) — 리프팅에 사용되는 에너지가 사람에 의해 제공되고, 사람에 의해 제공되는 에너지보다 크지 않은 속도로 공급된다. 이 종류는 간단한 기계들(예: 경첩 반대쪽에 장착된 핸들)과 복잡한 기계들(예: 사람이 움직이는 크랭크 핸들을 돌려서 여러 기어들을 통해 작동하는 원치, 여러 도르래를 통해 케이블을 끌어당기는 드럼이 하중을 들어 올리는 경우)을 포함한다.

18.7.2.2 비축 에너지 (Stored Energy) — 리프팅에 사용되는 에너지 중 일부 경우는 스프링('유압 스프링' 포함)과 평형추와 같이 에너지가 비축되었던 메커니즘의 일부에서 제공된다.

18.7.2.3 외부 동력 (External Power) — 리프팅에 사용되는 에너지가 전기 모터 혹은 공압 실린더 등과 같은 외부 장치에서 제공된다.

18.7.2.4 직접적 맨파워와 비축 에너지의 조합

18.7.2.5 외부 동력과 비축 에너지의 조합

18.7.3 경첩하중을 지지하고 움직이는 메커니즘에 대한 설계 기준 (Design Criteria for Mechanisms Supporting and Moving Hinged Loads)

18.7.3.1 기계적 강도 (Mechanical Strength) — 경첩이 포함된 경첩하중을 지지하는 메커니즘은 가장 선호되지 않는 상황 (least favorable condition)에서 최소 3의 안전 요소를 갖도록 설계되어야 하며, 여기서의 안전 요소는 각각의 부품의 응력에 대한 항복비 (the ratio of yield strength)로 결정된다. § 18.7의 목적상 '가장 선호되지 않는 상황(least favorable condition)'이라 함은 지지 메커니즘의 부품에 가장 큰 응력을 주는 방식으로 고정/이동 요소들이 위치된 상태를 의미한다.

NOTE 109: 경첩이 포함된 경첩하중을 지지하는 메커니즘은 경첩; 스프링, gas-filled 완충기, 스프링 댐퍼 (spring dampeners)와 같은 보조 하드웨어, 장착 하드웨어, 그리고 평형 메커니즘을 포함한다. 그런데 이것은 예를 들어, gas-filled 완충기가 인체공학적 보조로만 사용되었을 때 경첩이 달린 구성품의 질량의 3 배를 건디는 '크기'를 가져야 함을 의미하지는 않는다.

NOTE 110: '가장 선호되지 않는 상황'은 부품에 따라 다르다. 따라서 본 기준을 충족시키기 위해 설계하고 시험하는 데 있어 하나 이상의 위치를 고려해야 한다.

NOTE 111: 절차상의 통제를 준수하는 데 실패할 경우(예, 챔버의 환기 혹은 하드웨어 제거 실패) 본 구성에 대해 심각한 영향을 미칠 수 있다. ¶ 18.7.4.2 에 명시된 분석 방법, 혹은 설계 혹은 공정 내의 치명적 한계를 확인하기 위해 다른 유사한 방식을 사용하여 그러한 조건들을 충분히 발견하여야 한다.

18.7.3.2 소재들은 그것들이 의도된 용도에 적합해야 한다. 부식, 마모, 충격 및 노화에 의한 영향을 고려하여 소재를 선택해야 한다.

18.7.4 설계 검증 (Design Verification) — 이 기준의 적합성 여부는 경첩하중을 지지하는 각각의 메커니즘에 대해서, 혹은 그를 대신할 수 있는 샘플을 이용하여 검증되어야 한다.

18.7.4.1 인체공학적 고려사항 (Ergonomic Considerations) — ‘직접적 맨파워’(‘축적 에너지’의 유무와 상관없이)를 사용하는 경첩을 움직이는 수단은 SEMI S8 의 Appendix1 (SESC) 의 적용 가능한 부분에 대해 평가되어야 한다.

18.7.4.2 경첩 하중을 지지하고 움직이는 메커니즘에 대한 시험과 검증은 아래의 항목을 포함해야 한다.

- 전통적인 공학 계산
- Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) 등과 같은 위험성 평가
- 정적/동적 하중에 대한 물리적인 시험

NOTE 112: ‘전통적인 공학 계산법’은 다음에 기반을 둔 계산을 말한다: 메커니즘의 구성품의 질량과 치수, 하중의 질량과 치수, 제작된 자재의 일반적인 특성.

NOTE 113: ISO 2415 (forged shackles), 98/37/EC (Machinery Directive)) 의 경우 마지막 유닛이 제조되고 시험되고 배송된 시점을 기준으로 10 년 혹은 그 이상의 기간 동안 기록을 보유하고 있을 것을 요구한다.

18.7.4.3 정적 하중 시험 (Static Load Testing)

18.7.4.3.1 정적 하중 시험은 제조사가 의도한 하중의 150%에서 경첩하중을 지지하고 움직이는 메커니즘에 대해 실시되며, 구조의 기계적 요소가 가장 선호되지 않는 상황에서 실시된다. 이는 시험 고정물을 사용하는 등 완전한 통합 (full integration) 이전에 이루어지거나 통합 이후에 이루어질 수도 있다.

NOTE 114: ‘완전한 통합 (full integration)’은 경첩에서 움직일 수 있는 부위가 SME 조립을 완성하기 위해 경첩의 고정된 부분에 부착되어 결합된 상태를 의미한다.

18.7.4.3.2 ‘가장 선호되지 않는 상황’에 대해서는 ¶ 18.7.3.1 을 참조한다.

18.7.4.3.3 정적 하중 시험은 시험 하중이 안정화된 이후(움직임을 멈춘 이후) 최소 2 분 이상의 시간에 대해서 실시되어야 한다.

18.7.4.3.4 시험 하중이 제거되고, 장비가 검사되고 난 뒤에 영구적인 변형 혹은 기타 물리적인 손상이 발견되지 않았다면 정적 시험에 통과한 것이다. 시험 결과에 손상 혹은 비정상적 요소가 있다면 시험에 실패한 것으로 간주한다.

NOTE 115: 신규 설계에 대한 정적 하중 시험 (proof load testing) 은 설계의 최대 작동 하중을 평가하는 과정의 일부이다.

18.7.4.4 동적 하중 시험(Dynamic Load Testing)

18.7.4.4.1 동적 하중 시험은 제조사가 의도한 하중의 100%을 활용하여 경첩하중에 대해 실시한다.

NOTE 116: 동적 하중 시험은 장비가 올바르게 조립되어 기계적 멈춤 장치, 리미트 스위치, 브레이크(장착한 경우), 안전 관련 요소등을 포함한 모든 운용상의 요소가 완전히 조절되고 동작하는 지의 여부를 확인하기 위해 실시된다.

18.7.4.4.2 동적 하중 시험은 각 운동 축의 운용 가능한 최대의 속도로 최소 5 번의 온전한 사이클 (complete cycles) 에 대해 실시되어야 한다.

NOTE 117: 제조사가 의도한대로 구성된 경첩하중의 100%에 대한 동적 하중 시험은 § 18.6 에 명시된 리프팅 장비에 대한 시험과는 다르다. 경첩하중에 대한 시험보다 후자의 시험이 더 심한 하중 조건을 가지고 있기 때문에 두 번의 동작 사이클을 진행하는 동안 주의해야 하는 영역을 밝혀낼 수 있다. 경첩하중에 대해서, 추가적인 운용 사이클이 시행되어 메커니즘이 시험되고 주의해야 하는 영역이 충분히 검토될 필요성이 제기되기도 한다.

18.7.4.4.3 인력을 이용하여 동적 시험을 수행할 경우, 사람이 감당할 수 없는 위험 수준의 속도로 시험을 진행해서는 안 된다.

18.7.4.4.4 평가 통과 기준(Acceptance Criteria)

18.7.4.4.4.1 적절하지 못한 조립의 흔적이 없어야 한다.

18.7.4.4.4.2 과도한 마모 상태가 드러나지 않아야 한다.

18.7.4.4.4.3 기계적 멈춤 장치, 리미트 스위치, 브레이크(적합한 경우)를 포함해서 운용상의 요소들에 대해 적절하지 않은 동작 혹은 적합하지 않은 조정이 드러나지 않아야 한다.

18.7.4.4.4.4 간단한 조정이 필요한 것 이상의 문제를 드러내는 소음이 발생하지 않아야 한다.

18.7.4.4.4.5 모든 안전 기능들은 각자가 의도된 기능을 수행하고 활성화된 상태여야 한다.

18.7.4.4.4.6 기계적 혹은 구조적 요소가 영구적인 세트 (yielding) 로 존재하지 않아야 한다.

18.7.4.5 시험의 문서화(Documentation of Testing)

18.7.4.5.1 아래의 내용이 들어간 서면 보고서가 준비되어야 한다.

- 서면 시험의 사양서
- 시험이 실시된 방식에 대한 사진 혹은 도면 자료
- 모든 시험의 결과

18.7.4.5.2 § 18.7.3 에서 § 18.7.4.5.1 까지의 내용과 §(사용자 문서화)의 내용이 포함된 문서는 충분한 시간동안 보관되어 서비스가 되는 동안, 장비에 대한 지원에 사용되고 장비가 시장에 출하된 이후에도 충분한 기간(일반적으로 최소 10 년) 동안 유지되도록 마련하여야 한다. 이 기준들에 대한 적합성은 검사자가 활용 가능한 설계 검증과정부터 문서를 작성하고 검사자에게 장비 제조사가 적절한 기간 동안 기록을 보유할 프로그램을 가지고 있다는 증거를 제시함으로써 확인이 가능하다.

18.7.5 **연속적으로 생산된 리프팅 장비 (Subsequently Produced Lifting Equipment)** — 경첩하중을 지지하고 움직이는, 모든 경첩하중 어셈블리는 § 18.7.4.4 에 따라 시험을 거쳐야 하며 § 18.7.4.5 에 따라 기록을 유지해야 한다. 시험 인증서는 배송 시에 각 유닛에 포함되어야 한다. 공급자는 시험 기록의 사본을 배송 날짜로부터 최소한 10 년 동안 보유하고 있어야 한다.

18.8 **극한 온도 (Extreme Temperatures)** — 사람의 접근이 가능한 표면이 매우 높은 온도이거나(표 1 의 온도 한계 참조), 매우 낮은 온도(-10°C [14°F] 이하)일 경우 보호대를 설치하거나 설계되어야 한다.

18.8.1 극한 온도에 노출되는 것을 보호하거나 보호되도록 설계하는 것이 실행 불가능한 곳에서는 다음 조건을 만족할 경우 한계를 넘는 온도가 허용된다.

- 이러한 표면과 우발적인 접촉 가능성이 적음.
- 위험온도에 있는 표면을 지적하는 경고가 있는 부품.

Table 1 잠재적으로 위험한 표면 온도 (Potentially Hazardous Surface Temperatures)

접근 가능한 부분	최대 표면 온도($^{\circ}\text{C}$)		
	금속	유리, 자기, 유리 물질	플라스틱, 고무
일반적으로 짧은 시간(5 초 이하) 잡거나 만지는 핸들, 손잡이, 그립 등.	60	70	85
일반적으로 계속해서 잡거나 만지는 핸들, 손잡이, 그립 등.	51	56	60
만질 수 있는 장비 내의 부품과 외부표면.	65	80	95

19 지진 보호 (Seismic Protection)

NOTICE: § 19 는 Delayed Revisions Section 3 에 나온 것처럼 2018 년 7 월 발행 시 개정된다. Environmental Health & Safety Global Technical Committee 는 아직 공식 문서로서 유효하지 않은 내용을 적용하는 것은 사용자의 선택에 따르도록 권고한다.

NOTE 118: 장비 사용자가 지진활동이 의심되는 지역에 설비를 가지고 있는 경우, 최종 사용자는 부지의 취약점이 증가할 수 있어 더 엄격한 설계기준(예: 지역의 토양 조건과 건물 설계가 더 높은 가속도를 생성할 수 있음)과 지역규정 요건을 요구할 수 있다. 인증된 도면과 계산법이 일부 관할기관에서 요구될 수 있다.

19.1 **일반사항 (General)** — 장비는 지진이 일어나는 동안 사람의 부상위험, 환경의 부정적인 영향, 이동, 전복, 혹은 화학물질의 유출(액체가 튀는 것을 포함)으로 인한 장비와 설비의 손상을 제어하도록 설계되어야 한다. 또한 장비의 설계는 지진이 일어나는 동안 부서지기 쉬운 부분(예: 쿼츠웨어, 세라믹)의 고장으로 인한 장비의 손상을 제어할 수 있어야 한다.

NOTE 119: 이 지침은 아래 두 가지를 달성하기 위한 것이다.

1. 장비 공급자가 지진에 견딜 수 있도록 내부 프레임과 부품들을 올바르게 설계할 수 있도록 한다;

2. 그리고 장비 설계자가 최종사용자에게 시설 내 장비를 적절히 보호하는데 필요한 정보를 제공할 수 있도록 한다.

19.1.1 장비에 대한 모든 손상을 방지하는 것은 비 현실적 일 수 있으므로, 설계 시 위험성 증가를 초래할 수 있는 부품의 고장을 제어할 수 있어야 한다.(예: 위험물질의 방출, 화재, 방사물).

NOTE 120: § 6.8 에 기술된 위험성 평가를 이용하여 부품고장의 위험과 제어방법의 효과에 대한 평가가 이루어 지도록 권장한다.

19.1.1.1 이들 부품은 손상을 평가하기 위해 접근할 수 있어야 한다.

NOTE 121: SEMI S8 에는 유지보수성과 서비스성에 대한 가이드라인을 포함한다. 이것은 접근성을 판단하는데 사용될 수 있다.

19.2 설계 하중 (Design Loads) — 장비와 서버어셈블리, 그리고 장비를 고정하는데 사용되는 모든 장치는 다음에 따라 설계되어야 한다.

19.2.1 위험물질 (HPM)이 포함되어 있는 장비는 장비의 무게 중심에서 작용하는 장비 중량의 94%의 수평하중을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

19.2.2 위험물질이 포함되어 있지 않는 장비는 무게중심에 작용하는 장비 중량의 63%의 수평하중을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

NOTE 122: 서버 어셈블리에는 변압기, 용기, 전원공급 장치, 진공펌프, 모니터, 화재소화부품, 혹은 장비에 부착된 상당량의 기타 부품을 포함할 수 있다.

19.2.3 수평하중은 각 X 축, Y 축에서, 또는 고정지점에서의 최대하중을 발생시키는 축에 대해서 독립적으로 계산되어야 한다.

19.2.4 전복을 계산할 때, 장비 무게의 최대값의 85%를 전복 순간의 저항 값으로 사용하여야 한다.

NOTE 123: 장비는 세계 어느 곳에도 사용될 수 있으므로 장비의 지진 보호설계는 설계된 바와 같이 세계 대부분의 지역에 설치될 수 있도록 하는 요구사항에 따를 것을 권고한다. 위에 기술한 하중은 Seismic Zone 4에서의 강성 장비에 대한 1997 년 Uniform Building Code (UBC) 의 요구조건을 따르고 있으며, 이는 전 세계적으로 대부분의 설계상황을 충족한다고 가정한다.

NOTE 124: 장비 또는 내부 구성요소가 UBC 에 규정한 바와 같이 유연하며 건물의 중간 높이 이상에 위치하거나 주요 활단층이 5 km 이내 에 위치하고 있는 경우 § 19.2.1 과 § 19.2.2 의 수평 설계 하중은 보수적인 값이 아닐 수 있다. 마찬가지로, 몇 가지 조건에서는 수평 설계 하중이 과도하게 보수적일 수 있다(예: 경질 내부 구성부품을 가진 강성 장비 또는 양호한 토양조건을 가진 부지에 위치함). 이러한 조건에 적합하도록 UBC 의 보다 세부적인 내용에 근거해서 설계하면 보다 경제적인 설계가 가능하다. 사용자는 이런 결정을 유해 전문적인 기계, 토목, 구조 엔지니어를 고용할 것을 권장한다.

19.3 공급자는 사용자에게 다음 자료와 절차를 제공해야 한다. 이 정보에는 § 9 에서 다룬 문서의 일부로 설치가이드라인에 포함되어야 한다.

- 장비 도면, 지원 장비, 연결부(예: 환기, 물, 진공, 가스) 및 § 19.4 의 고정 위치
- 사용된 받침다리의 유형과 기본 프레임 도면에서의 위치
- 각 받침다리에 대한 분배 하중

- 구조적으로 독립된 각 모듈의 폭, 길이, 높이를 포함한 실제 치수
- 구조적으로 독립된 각 모듈의 무게중심의 위치와 무게
- 고정을 위한 장비 프레임의 수용가능한 위치

NOTE 125: '구조적으로 독립된 모듈'은 인접한 모듈에 하중을 이전하는 것과는 반대로 모든 하중을 자체의 고정지점에 실질적으로 이전시킴으로써 지진 하중에 반응하는 것을 말한다.

19.4 연결장치 (Tie-in), 부착점, 혹은 지진대비 고정지점의 위치는 명백히 표시 되어야 한다.

NOTE 126: 공급자가 지진부착점의 하드웨어를 제공하는 것은 SEMI S2 의 의도가 아니다. 이러한 하드웨어는 장비 공급자와 사용자의 사이에 동의된 내용에 따라 제공 될 수 있다.

NOTE 127: 진동차단, 평탄화, 지진 보강, 하중분배가 적절한지 확인하는 것은 사용자의 책임이다.

20 자동화 물질 핸들러 (Automated Material Handlers)

20.1 본 내용은 자동화 물질 취급장치에 대한 내용으로 다음 사항이 포함된다.

- 기판 핸들러 (handlers)
- 산업용 로봇과 산업용 로봇시스템
- 무인 수송 장치 (Unmanned transport vehicles, UTV)

NOTE 128: 기판 핸들러는 보통 한 번에 하나의 회로기판을 취급하며, 작은 하중 용량을 가졌다는 점에서 산업용 로봇과 구별된다.

20.2 *일반사항 (General)* — 인명보호기능을 자동 물질 취급장치에 통합하는 방법은 위험분석을 기반으로 이루어져야 한다. 위험분석은 취급장치의 사이즈, 용량, 속도, 그리고 공간 적 작동범위에 대한 고려사항이 포함되어야 한다.

20.2.1 *서브시스템의 정지 (Subsystem Stops)* — 별도의 정지 버튼이 자동 물질 취급장치에 사용된다면, EMO 버튼과 구별되어야 한다.

20.3 *기판 핸들러 (Substrate Handlers)* — § 20.2, 일반 사항 참조

20.4 *산업용 로봇과 산업용 로봇 시스템 (Industrial Robots and Industrial Robot Systems)* — 산업용 로봇과 산업용 로봇 시스템은 해당 국가 또는 국제 규격을 충족해야 한다(예: ANSI/RIA R15.06, ISO 10218-1, CEN EN 775). 로봇을 반도체에 적용함에 따라서 차이점이 발생할 경우, 위험성 평가에 기초하여 수용될 수 있다.

20.5 *무인 수송장치 (UTVs)*

NOTE 129: UTV 에는 다음 두 가지 기본 유형이 있다: (1) 바닥을 움직이는 UTV 로서(레일 유도형 및 레일 독립형 모두 포함) 바닥을 자동으로 움직이면서 특정한 목적지로 가서 적재 및 하역 (load and unload) 하는 것. (2) 공간을 움직이는 UTV 로서 바닥에 의지하지 않고 자동으로 움직이는 것으로(예: 천장 밑의 공간) 특정한 목적지에 가서 적재 및 하역 하는 것. 장비에 부착된 레일 가이드 메커니즘은 UTV 에 포함되지 않음(예: wet bench 에 있는 것).