

SEMI E104-0303

低圧パーティクル・モニタ校正のガイドラインおよび装置組み込みのための仕様

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

免責事項： この SEMI スタンドアードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI スタンドアード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております(「すべきである」「しなければならない」について等)。

本仕様は、Metrics Global Technical Committee で技術的に承認されたもので、European Equipment Automation Committee が直接責任を負うものである。現版は 2003 年 1 月 8 日に European Regional Standards Committee にて承認された。2003 年 1 月に、まず www.semi.org で入手用可能になり、2003 年 3 月発行に至る。原版は 2000 年 10 月に発行、前版は 2002 年 3 月発行。

1 目的

1.1 低圧、および真空装置中でのパーティクル in situ 観察 (ISPM ; プロセスチェンバー内にウェーハが滞在する間に行われるパーティクル測定) には、欠陥、プロセスおよび装置管理にとって、以下のように多くの長所がある。

- オフラインテストに使用するパーティクルテストウェーハの削減およびオペレータ時間の削減
- プロセスの最適化および実時間評価
- 高度なプロセスコントロール
- 高度な装置コントロール
- プロセスチェンバー状態のモニタリング、さらに
- クリーニング手順およびメンテナンスの最適化

1.1.1 したがって、ISPM は、装置の利用効率の向上およびプロダクションの速やかな立ち上げを達成し、COO を低減し、品質と歩留まりを改善する。この目標に到達するには、ISPM は新規または既存のプロセス装置に簡単に組み込める必要があり、パーティクル・データの分析と収集を自動化する必要がある。ISPM センサはプロセスにマイナスの影響を与えてはならず、また、その測定結果は主要パーティクルのフローを代表している必要がある。センサは、最大限の能力を発揮するために、半導体プロセス装置全体として、SEMI E10 に定義されているパラメータに及ぼす影響が最少となるように設計されることが望ましい。

1.2 このスタンドアードは、半導体プロセス装置に組み込まれた低圧パーティクル検出器を使用するための動作条件、機械的、電気的および通信インタフェースを規定することを意図している。標準センサを用いたそれらセンサの校正に関するガイドラインは、種々のセンサによる測定値を補正することを意図している。

2 範囲

2.1 このスタンドアードは、半導体製造装置における低圧および真空条件下のパーティクル測定に適用する。

注意： このスタンダードおよび安全ガイドラインはその使用に関連した全ての安全上の問題を取り扱うことを意図していない。この文書の使用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事項を決定し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 参照スタンダード

3.1 SEMI スタンダード

SEMI C6.5 — Particle Specification for Grade 10/0.2 Nitrogen (N₂) and Argon (Ar) Delivered as Pipeline Gas

SEMI C6.6 — Particle Specification for Grade 10/0.1 Nitrogen (N₂) and Argon (Ar) Delivered as Pipeline Gas

SEMI E4 — SEMI Equipment Communications Standard 1 Message Transfer (SECS-I)

SEMI E5 — SEMI Equipment Communications Standard 2 Message Content (SECS-II)

SEMI E10 — Specification for Definition and Measurement of Equipment Reliability, Availability, and Maintainability (RAM)

SEMI E33 — Specification for Semiconductor Manufacturing Facility Electromagnetic Compatibility

SEMI E37 — High-Speed SECS Message Services (HSMS) Generic Services

SEMI E54 — Sensor/Actuator Network Standard

SEMI E54.10 — Specification for Sensor/Actuator Network Specific Device Model for an In-Situ Particle Monitor Device

SEMI F6 — Guide for Secondary Containment of Hazardous Gas Piping Systems

3.2 ASTM スタンダード¹

ASTM D1193 — Standard Specification for Reagent Water

ASTM F328 — Standard Practice for Calibration of an Airborne Particle Counter Using Monodisperse Spherical Particles

ASTM F649 — Practice for Secondary Calibration of Airborne Particle Counter Using Comparison Procedures

3.3 BSI スタンダード²

BS 3406-7 — Determination of Particle Size Distribution – Recommendations for Single Particle Light Interaction Methods

3.4 IEC スタンダード³

IEC 60625-1 — Programmable Measuring Instruments - Interface System (Byte Serial, Bit Parallel) - Part 1: Functional, Electrical and Mechanical Specifications, System Applications, and Requirements for the Designer and User

IEC 60625-2 — Programmable Measuring Instruments - Interface System (Byte Serial, Bit Parallel) - Part 2: Codes, Formats, Protocols, and Common Commands

IEC 60654-1 — Operating Conditions for Industrial-Process Measurement and Control Equipment - Part 1: Climatic Conditions

IEC 60654-2 — Operating Conditions for Industrial-Process Measurement and Control Equipment - Part 2: Power

¹ ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA; Telephone: +1.610.832.9585, Fax: +1.610.832.9555, <http://www.astm.org>

² British Standards Institution, 389 Chiswick High Road, London, W4 4AL, UK; Telephone: +44.0.20.8996.9001, Fax: +44.0.20.8996.7001, <http://www.bsigroup.com>

³ 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>

IEC 60654-3 — Operating Conditions for Industrial-Process Measurement and Control Equipment - Part 3: Mechanical Influences

IEC 60654-4 — Operating Conditions for Industrial-Process Measurement and Control Equipment - Part 4: Corrosive and Erosive Influences

IEC 60801-1 — Electromagnetic Compatibility for Industrial-Process Measurement and Control Equipment - Part 1: General Introduction

3.5 IEEE スタンダード⁴

IEEE 488.1 — IEEE Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation

IEEE 488.2 — IEEE Standard Codes, Formats, Protocols, and Common Commands for use with IEEE 488.1, IEEE Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation

3.6 IEST スタンダード⁵

IEST RP-011 — A Glossary of Terms and Definitions Related to Contamination Control

3.7 ISO スタンダード⁶

ISO 1609 — Vacuum technology – Dimensions (ISO-K style and ISO-F style)

ISO 2861-1 — Vacuum technology – Quick-Release Couplings – Dimensions – Part 1: Clamped Type (ISO-KF)

ISO 2861-2 — Vacuum technology – Quick-Release Couplings – Dimensions – Part 2: Screwed Type (ISO-MF)

ISO 3669 — Vacuum technology – Bakeable Flanges – Dimensions (ISO-K-CF)

ISO 10012-1 — Quality Assurance Requirements for Measuring Equipment — Part 1: Metrological Confirmation System for Measuring Equipment

ISO 10012-2 — Quality Assurance Requirements for Measuring Equipment — Part 2: Guidelines for Control of Measuring Processes

ISO 13323-2 — Determination of Particle Size Distribution – Single Particle Light Interaction Methods Part 2: Light Scattering Single Particle Light Interaction Devices Design, Performance Specifications, and Operation Requirements

ISO 14644-1 — Cleanrooms and Associated Controlled Environments – Part 1: Classification of Air Cleanliness

ISO 14644-5 — Cleanrooms and Associated Controlled Environments – Part 5: Operation of Cleanroom Systems

3.8 JIS スタンダード⁷

JIS B 9921 — Light Scattering Automatic Particle Counter

3.9 VDI スタンダード⁸

VDI-Richtlinie 3489-3 — Messen von Partikeln: Methoden zur Charakterisierung und Überwachung von Prüfaerosolen - Optischer Partikelzähler (Particulate Matter Measurement: Methods of Characterizing and Monitoring Test Aerosols – Optical Particle Counter)

VDI-Richtlinie 3491 — Messen von Partikeln: Herstellungsverfahren für Prüfaerosole, Verdünnungssysteme (Particulate Matter Measurement: Generation of Test Aerosols, Dilution Systems)

⁴ 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>

⁵ Institute of Environmental Sciences and Technology, 5005 Newport Drive, Suite 506, Rolling Meadows, IL 60008-3841, USA. Telephone: +1.847.255.1561; Fax: +1.847.255.1699, <http://www.iest.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 Japanese Standards Association, Mita MT Bldg., 3-13-2 Mita, Minato-ku, Tokyo 108-0073, Japan; Telephone: +81.3.3583.8005, Fax: +81.3.3586.2014, <http://www.jsa.or.jp>

⁸ Deutsches Institut für Normung e.V., Available from Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstrasse 4-10, D-10787 Berlin, Germany; <http://www.din.de>

注意： 別途指示のない場合、引用された全ての文書は最新版を指す。

4 用語

4.1 略語と頭字語

4.1.1 *COV* – coefficient of variation

4.1.2 *HEPA* – high-efficiency particulate air

4.1.3 *ISPM* – in situ particle monitor

4.1.4 *LDL* – lower detectable limit

4.1.5 *LPPD* – low-pressure particle detector

4.1.6 *PHA* – pulse height analyzer

4.1.7 *RPC* – Reference Particle Counter

4.1.8 *ULPA* – Ultra-Low Penetration Air

4.2 定義

4.2.1 *粒径精度 (accuracy of size)* – 検出されたパーティクルの粒径と実際の粒径との間の一致度合。

4.2.2 *変動幅 (coefficient of variation [COV])* – 分散の標準偏差を分散の平均値で割って得る分散の変動幅 (%)。

4.2.3 *偶然の一致 (coincidence)* – パーティクル検出器の検出エリアに同時に 2 つ以上のパーティクルが存在し、その結合した信号を誤ってより大きな 1 つのパーティクルに起因するものであるかのようにパーティクル検出器が誤って解釈すること。

4.2.4 *濃度 (concentration)* – 温度 T_A および圧力 p の雰囲気中で計測された単位容積当たりのパーティクル数。

4.2.5 *濃度限界 (concentration limit)* – 偶然によるエラーが 10%以下となるパーティクル検出器メーカーが規定したパーティクル濃度。

注 1: メーカーはエラー限度を 10%以外に規定してもよい。

4.2.6 *計数効率 (counting efficiency)* – 所定の粒径またはある粒径範囲（付属書 2 を参照）の実パーティクル濃度で検出濃度を割った比率 (%)。

4.2.7 *検出エリア (detection area)* – 光ビームおよび検出光学系で形成されたエリアで、ここでパーティクルが検出される。多くの場合、このエリアはポンプ・ラインまたはプロセスチャンバーの断面よりずっと小さい。

4.2.8 *HEPA フィルタ (high efficiency particle air [HEPA] filter)* – 0.3 マイクロメータより大きいすべてのパーティクルに対して 99.97%の最小パーティクル捕集率を備えたフィルタ。

4.2.9 *in situ* – ウェーハを移動させずに行なう処理ステップまたはテストのことをいう。ラテン語で“元の位置で”という意味。

4.2.10 *in situ* パーティクル・モニタ (または、パーティクルその場観察) (*ISPM*) – プロセスの実行中、パーティクルを検出するために、大気条件下若しくは低圧、真空または液体の中で使用するパーティクル・モニタ。

4.2.11 *等速サンプリング (isokinetic sampling)* – 流れているエアロゾルまたは流体の速度（流れの速さと方向）がサンプルプローブ入口でそれら全体としての速度と一致するようにしてパーティクルをサンプリングすること。

4.2.12 検出下限 (lower detectable limit [LDL]) – パーティクル測定中において：最低 3 dB の信号対雑音比および 50% ± 10% の計数効率で、検出器が所定の流速において測定できる最小のパーティクル粒径。

注 2: これは LDL の一般的な定義である。ほとんどの LPPD が特別設計されているため、50% の計数効率は達成することができない。

4.2.13 低圧パーティクル検出器 (lower detectable limit [LPPD]) – 半導体プロセス装置中のパーティクル数またはパーティクル濃度を測定するために低圧条件および真空条件下で使用する光学式パーティクルセンサ。

4.2.14 散乱特性的に同一サイズの校正パーティクル (monodisperse calibration particles) – 既知の光学特性を持つパーティクルで、少なくとも 95% の寸法精度および粒径分布を持ち、その変動幅が 5% 以下のパーティクル。

4.2.15 光学等価粒径 (optical equivalent size) – 同一テスト条件下の測定で、局所光散乱器 (LLS) と同じ検出散乱強度を生じる散乱特性的に同一サイズの校正パーティクルの直径。

4.2.16 パーティクル粒径 (particle size) – 適用に際して、粒径は所定の光散乱式パーティクルカウンタが検出する既知の特性を備えた標準球体と光学的に等価な直径である [SEMI C6.5 および SEMI C6.6 に定義されたように]。校正に際しては、粒径は散乱特性的に同一サイズの球体の平均直径である。

4.2.17 分解能 (resolution) – 非常に近い値を持つ粒径のパーティクルを区別するパーティクル検出器の能力。

注 3: 分解能を定義する手順は、9.2.3.5 項に記述している。

4.2.18 感度 (sensitivity) – パーティクル測定における：計器、方法またはシステムが規定条件のもとで測定できる、メーカーが指定した最小標準パーティクル粒径 (50% の計数効率において；付属書 2 を参照)。また、最小検出可能パーティクル粒径ともいう。

4.2.19 超微小パーティクル (ultrafine particle) – 0.1 μm 未満 [ISO 14644-1 に定義されている] の等価直径をもつパーティクル。

4.2.20 ULPA フィルタ (ultra-low penetration air [ULPA] filter) – 大部分の透過パーティクル粒径に対し 99.9995% の最低パーティクル捕集率を持つフィルタ。

4.2.21 ゼロ計数 (zero count) – 規定時間内に、パーティクルのない空気をサンプリングしているパーティクルカウンタが表示する最大パーティクル計数値。この値はメーカーによって指定され、見かけの信号、見かけ計数、雑音または雑音レベルと一般に呼ばれている。

4.2.22 ゼロガス (zero gas) – ガス分配システムを構成する部品からの汚染物質の寄与分を決定する際に、分析計器の検出下限 (LDL) より上の小さなパーティクル濃度をもつ浄化されたガス。このガスは計器校正および構成部品試験の両方に使用される。

4.3 記号

4.3.1 A_L – LPPD の検出光学系および光ビーム径によって定義される検出エリア (mm²)

4.3.2 A_{RC} – 標準パーティクル計数器プローブ入口の開口径面積 (mm²)

4.3.3 C_L – LPPD におけるライン中のパーティクル濃度 (cm⁻³)

4.3.4 C_G – 所定 V'_G でエアロゾル発生器から生成されるパーティクル濃度 (cm³)

4.3.5 D_L – LPPD におけるポンプ・ラインの直径 (mm)

4.3.6 d_p – 球状パーティクルの直径 (μm)

4.3.7 D_{RC} – 標準パーティクル計数器のためのサンプル抽出ラインの直径 (mm)

4.3.8 D_{VM} – 速度計におけるポンプ・ラインの直径 (mm)

4.3.9 p – ライン圧力 (torr または mbar)

4.3.10 RH – 相対湿度 (%)

4.3.11 T_A – 測定または測定システム周囲の温度 (°C)

4.3.12 T_G – ガス温度 (°C)

4.3.13 v_L – LPPD でのエアロゾルの速度 (m/s)

4.3.14 $v_{L,min}$, $v_{L,max}$ – 適用に際して、メーカーの指定した LPPD におけるエアロゾルの速度の上限と下限 (m/s)

4.3.15 V'_L – LPPD におけるラインの流量 (l/min)

4.3.16 V'_G – エアロゾル・サンプルの単位時間当たりの流量 (エアロゾル発生器の背後で直接測定する) (l/min)

4.3.17 v_{VM} – 速度計でのエアロゾルの速度 (m/s)

4.3.18 V'_{ZG} – ゼロガスの単位時間当たりの流量 (l/min)

4.3.19 $\sigma_{V,LPPD}$ – 電圧センサ信号の標準偏差

4.3.20 $\sigma_{p,LPPD}$ – 観察したパーティクル分散の標準偏差

4.3.21 σ_{dp} – パーティクル・サプライヤが決めたパーティクルの標準偏差

5 機械的インタフェース

5.1 フランジ

5.1.1 次に挙げる真空フランジのうちの 1 つを、ポンプ・ラインまたはプロセス装置に LPPD を設置する際に使用すべきである。

ISO 2861-1 および ISO 2861-2 (ISO-KF/MF)

ISO 1609 (ISO-K および ISO-F)

ISO 3669 (ISO-K-CF)

5.2 スペース, 距離および設置

5.2.1 LPPD の使用に際して、プロセス性能にマイナスの影響を及ぼしてはならない。装置でのセンサ位置は、主要パーティクルフローを代表する測定ができるように、センサ感度を有効利用できるようにしなければならない。LPPD に対するプロセスおよびプロセス装置への影響を最小限にしなければならない (バックグラウンド熱放射, 振動など)。

5.2.2 本スタンダードでは、LPPD を装置のどこに取り付けるべきか、または改造用スペースをどこに設ければよいかを規定していない。その取り付け場所は、パーティクルフローの挙動、バックグラウンド熱放射などに依存することを認識すべきである。半導体プロセス装置の設計者は、LPPD の供給者およびエンドユーザのアプリケーション・エンジニアの経験に頼るべきである。しかし、いずれの場合にも、設計者は保守および再校正の際にアクセスし易いように考慮をしなければならない。改造設置の場合には、設計に際してセンサへの妨害を考慮するよりもセンサを設置し易くするべきである。

6 電気インタフェース

6.1 センサコントローラ通信

6.1.1 LPPD 供給者および半導体設備メーカーの選択に基づいて、LPPD とプロセス装置コントローラ間のデータ交換のため、次のインタフェースの一つを使用するのが望ましい。

6.1.2 センサ／アクチュエータ・ネットワーク (SAN)

6.1.2.1 センサ／アクチュエータ・ネットワークの電気インタフェースは、一組の SEMI E54 スタンドアードに記述されている。

6.1.3 シリアル通信

6.1.3.1 RS 232 C (V.24/V.28)

6.1.3.2 RS 485

6.1.4 その他

6.1.4.1 IEEE 488 または IEC 60625

6.2 その他

6.2.1 センサ校正出力 (直接アナログ出力)

6.2.1.1 校正目的に使用するセンサ信号にアクセスするためのアナログ出力は、用意されていなければならない。

7 通信インタフェース

7.1 センサ・バス・コミュニケーション

7.1.1 LPPD コントローラとプロセス装置コントローラのツール間通信にはセンサ／アクチュエータ・ネットワーク (SAN) を使用することが推奨されている。この通信は、ネットワーク通信スタンダード、いくつかの共通の装置モデル (DeviceNet, SDS, Lonworks, ProfiBus など) およびセンサのための特別機器モデルを含む、一組の SEMI スタンドアードに基づいている。このネットワークは、次に示す一連の SEMI スタンドアードで説明されている: SEMI E54。ISPM のための装置モデルは、SEMI E54.10。

7.2 SEMI 装置通信 (SEC)

7.2.1 LPPD コントローラが、プロセス装置コントローラ、工場自動システムまたは SPC システムに収集したパーティクル・データを供給する場合、SECS ツールからホストへの通信を使用することができる。SECS は次のスタンダードに記述されている。

- SEMI E5
- SEMI E4
- SEMI E37

7.3 属性定義

7.3.1 SEMI E54.1 は、ISPM がサポートする最低限の属性、サービスおよび挙動に対処している。いかなる属性およびサービスも、IEEE 488 (IEC 60625) またはシリアル通信を介して ISPM および装置コントローラの通信に使用される場合、それらは一致しているべきである。

8 動作条件

8.1 LPPD の動作条件 (温度、湿度、電磁適合性、振動、など) を規定するには、次のスタンダードを参照する。

- IEC 60654-1
- IEC 60654-2
- IEC 60654-3
- IEC 60654-4