

SEMI F57-0312

SPECIFICATION FOR POLYMER MATERIALS AND COMPONENTS USED IN ULTRAPURE WATER AND LIQUID CHEMICAL DISTRIBUTION SYSTEMS

超純水および薬液供給システム内に使用するポリマー製材料および部品の仕様

免責事項:この SEMI スタンダードは、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 スタンダ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)。

本スタンダードは、global Liquid Chemicals Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2011 年 12 月 24 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2012 年 3 月に www.semiviews.org および www.semi.org で入手可能となる。初版は 2000 年 10 月発行。前版は 2001 年 3 月発行。

注意: 本文書は、2011 年、全面的に改訂された。

1 目的

1.1 本書は、超純水 (UPW) 配分システムでの UPW の運搬に適した超高純度 (UHP) ポリマー材料およびポリマー製部品に対する最低限の性能要求条件を規定する。UPW システムに関する詳細な情報については、SEMI F61 を参照すること。

1.2 また、本書は UHP 薬液供給システム (LCDS) に使用されるポリマー材料およびポリマー製部品の使用についての推奨を行っている。本書に記載されたこのような供給システムには、バルク供給、分配設備、およびプロセス装置のアプリケーションが含まれる。

1.3 本書の要求条件は、UPW を使用し温度を上昇させた状態での材料および部品の試験に焦点を当てているが、本書のユーザが検討する可能性のある腐食剤、酸化剤等の化学薬品も適用対象となる。しかし、考え得るあらゆる接液する薬液に対する膨大な数の試験パラメータを定義することは、本書の範囲外である。ただし、本書は、サプライヤやエンドユーザが UPW 以外の化学薬品を使用した試験、またはその他の温度条件での試験を行う可能性や、また、本書内の要求条件とは独立した独自の内部制限を設ける可能性を排除または制限することを意図したものではない。

2 範囲

2.1 本仕様書は、ポリマー材料およびポリマー製部品の性能および妥当性に焦点を当てている。ポリマー材料およびポリマー製部品が本書の意図を満たすようにするための動作要求条件は、必要に応じて示されている。要約の一覧は以下のとおりである。

2.1.1 適合性の定量的尺度

- パーティクル発生限度
- 金属発生限度
- イオン発生限度
- 全有機 (易酸化性) 炭素発生限度
- 表面粗さ限度

2.1.2 適合性の定性的尺度

- 機械特性
- 物理特性
- 耐薬品性
- 信頼性
- トレーサビリティ要求条件
- パッケージング要求条件
- 証明

2.2 表 1 に示す項目に限定はしないが、それらからなるポリマー材料および配管システムの部品は、下記のタイプの液体化学物質を中に入れ、それを供給するよう設計されている。

- 超純水 (UPW)
- 酸、塩基および酸化剤
- 水溶性塩溶液
- 有機溶剤

2.3 本文書で規定されている要求条件を満たすポリマー材料および配管システムの部品は、¶ 1.3 で述べる UPW および LCDS に適合するよう考慮されなければならない。

注 1: 次の材料は、本仕様の要求条件に適合する可能性を示してきた: パーフルオロアルコキシ (PFA), 四フッ化ポリエチレン (PTFE), エチレンテトラフルオロエチレン共重合体 (ETFE), ポリクロトリフルオロエチル (PCTFE), ポリフッ化ビニリデン (PVDF), および共重合体, および エチレンクロトリフルオロメタン (ECTFE)。しかし、独特な設計仕様又は新材料が、本質的に同等の性能を保ちながら、著しく能率を向上させる事例になることもある。この結果、ポリエーテルエチルケトン (PEEK), ポリプロピレン (PP), アセタール樹脂, ポリ塩化ビニル (PVC), およびポリエチレンなどの既存材料または新材料を使用することになる場合もある。材料は、長期間の用途では、液体ストリームとの適合性 (§ 2.2 に示すとおり) を確実にするために注意を払わなければならない。更に、使用材料が、使用温度又は、オゾン、紫外線、その他の衛生的にする媒介などのバクテリア削減方法と適合していることも重要である。

2.4 別々に購入しない限り、O リング、ガスケットおよびダイヤフラムのような小部品から造られたポリマー製部品は、個々の小部品としてではなく、機能部品単位で本書の要求条件を満足しなければならない。例えば、ユニオン継手の一部となっている O リングは、その品質を低下させないように、本書の要求条件を満たしていなければならない。O リングやガスケットなど、接液部で使用されたり個別に購入されたりする代替のスペアパーツや部品は、適用可能な場合、本スタンダードに適合すべきである。

2.5 本書内で参照されている浸出テストとこれに関連する要求条件は、静的な状態での数値を提供する。

注 2: 接液部に対する測定対象の濃度は、スタティック浸出値、流速および部品の内径が明らかになっている場合は、推定可能である。この値は、理論的ダイナミック濃度 (TDC) として知られ、10 億分の 1 ($\mu\text{g}/\text{liter}$) で表される。TDC の決定法に関する情報は、本書の関連情報 1 に記載されている。

2.6 本文書および関連テストは、供給されたままの状態におけるポリマー製部品に対する接液部の性能の要求条件を規定し、ポリマー製部品メーカーの記録上、現状のプロセスが反映される。

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問題を取り扱うことを意図していない。この文書の利用者は、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柄を確立し、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 制限

3.1 本書は、ポリマー製材料および部品のみに適用する。

注 3: 付属品またはプロセス装置の性能仕様は、別の SEMI スタンダードに記載されている (関連文書 § 12.1 項参照)。

3.2 本書は、フィルタエレメント、紫外線殺菌システム、逆浸透システムセンサ(間接液接触)、モニタ(戻りストリームのないサンプリング装置)、限外ろ過装置、又はその他の補助装置の仕様を含まない。

3.3 本書内で説明しているポリマー製材料および部品は、UHP サービスにだけ使用することを意図している。その規定性能要求条件は、排水その他のより低い品質の液体に使用する材料および部品の必要性を超えることがある。

3.4 本書で言及しているテストは、納入状態でのポリマー製材料および部品からの汚染を評価するために考案されている。溶接およびクリーニングなどの組立工程は、汚染物質を追加することがある。組立時の影響は、本書の範囲外であるが、サプライヤおよび/又はユーザによって考慮されるべきである (SEMI E49 参照)。

3.5 本書において検討されているタイプの部品は、最終的に統合されて 1 つの配管システムを構成する。したがって、材料の性質上、機械的手法から溶融法まで様々な接続方法が使用されることが想定される。研究室では、一般に、クリーンな機械的接合で接続された部品(フレア配管、コネクタ、弁等)の代表的なパーティクルのデータを得ることができる。しかし、融接を必要とする部品(硬質ポリマー管、継手、弁等)の場合には、クリーンな機械的接合に移行するアダプタを使用しなければならない。これらのアダプタの表面積は、試験されている部品の表面積の 10%を超えてはならない。

注 4: PVDF, ECTFE, PP 等の熱溶融可能なポリマー製の配管、継手およびその他の部品は、先端にフレアアダプタを溶接して、パーティクルカウンタとクリーンに接続する必要がある。エンドユーザは、フレアアダプタや溶接工程がバックグラウンドに加わり、補正ブランクとして使用できる類似のスプールピースを構築すべきことを認識する必要がある。

3.6 表 3, 4, 5 に示された浸出値を決定するための試験は、 $85 \pm 5^{\circ}\text{C}$ で実施するように定められている。

注 5: SEMI F57 における $85 \pm 5^{\circ}\text{C}$ の温度条件を定める根拠の審査、および代替試験プロトコルを構築するためのガイドラインは、関連情報 2「 85°C での表面抽出可能な汚染」に記載されている。

3.7 表 3, 4, 5 に記載している浸出値は、UPW のみでのテストを反映している。他の化学薬品(例えば、酸および塩基)との使用に関連したポリマー製材料および部品の浸出性能は、本データを使用して直接的に得ることはできない。部品が要求条件に基づいた使用に適切か否かの判断は、ユーザの責任である(¶ 1.3 参照)。

3.8 表 2 に定義されているパーティクル発生は、多数のメーカーからの複数の部品の履歴試験で観察された一般的な数値および制限を示している。

3.9 本書は、国際、国家又は地域の規則、規制および法令に取って代わることを意図するものではない。各条文を調べて、製造されたポリマー製部品が、それぞれの地域において規制条件を満足したことを確かめるべきである。

注 6: 可燃性有機溶剤は、非導電性ポリマー製部品内で輸送される場合は、静電気の放電により安全性のリスクを生じる可能性がある。ポリマー製部品を可燃性溶剤と共に使用する場合は、注意を要する。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダードおよび安全ガイドライン

SEMI E49 — Guide for High Purity and Ultrahigh Purity Piping Performance, Subassemblies, and Final Assemblies

SEMI F40 — Practice For Preparing Liquid Chemical Distribution Components for Chemical Testing

SEMI F61 — Guide for Ultrapure Water Systems Used in Semiconductor Processing

SEMI F104 — Particle Test Method Guidelines for Evaluation of Components Used in Ultrapure Water and Liquid Chemical Distribution Systems

SEMI S2 — Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment

4.2 ASTM Standards¹

ASTM D4327 — Anions in Water by Chemically Suppressed Ion Chromatography

ASTM D4779 — Total, Organic, and Inorganic Carbon in High Purity Water by Ultraviolet (UV) or Persulfate Oxidation, or Both, and Infrared Detection

ASTM D5904 — Standard Test Method of Total Carbon, Inorganic Carbon, and Organic Carbon in Water by UV, Persulfate Oxidation and Membrane Conductivity Detection

4.3 ISO Standards²

ISO 4287 — Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters

4.4 SEMATECH Documents³

SEMASPEC 92010936B-STD — Provisional Test Method for Determining Leachable Trace Inorganics in Ultra Pure Water Distribution System Components

注意：別途指示のない場合、引用された全ての文書は最新の出版バージョンである。

5 用語

5.1 略語および頭字語

- 5.1.1 ALD (*atomic layer deposition*) — 原子層堆積
- 5.1.2 ECTFE (*ethylene-chlorotrifluoroethylene copolymer*) — エチレンクロロトリフルオロメタン
- 5.1.3 ETFE (*ethylene-tetrafluoroethylene copolymer*) — エチレンテトラフルオロエチレン共重合体
- 5.1.4 ICP-MS (*inductively coupled plasma mass spectrometry*) — 誘導結合プラズマ質量分析装置
- 5.1.5 LCDS (*liquid chemical distribution systems*) — 薬液配分システム
- 5.1.6 PEEK (*polyether-etherketone*) — ポリエーテルエチルケトン
- 5.1.7 PFA (*perfluoroalkoxy*) — パーフルオロアルコキシ
- 5.1.8 PCTFE (*polychlorotri-fluoroethylene*) — ポリクロロトリフルオロエチル
- 5.1.9 PP (*polypropylene*) — ポリプロピレン
- 5.1.10 PVC (*polyvinyl chloride*) — ポリ塩化ビニル
- 5.1.11 PVDF (*polyvinylidene fluoride*) — ポリフッ化ビニリデン
- 5.1.12 PTFE (*polytetrafluoroethylene*) — 四フッ化ポリエチレン
- 5.1.13 TDC (*theoretical dynamic concentration*) — 理論的ダイナミック濃度
- 5.1.14 TOC (*total organic carbon*) — 全有機炭素
- 5.1.15 UHP (*ultra high purity*) — 超高純度
- 5.1.16 UPW (*ultrapure water*) — 超純水

5.2 超純水システムの一般的な用語は、SEMI F61 に含まれる。

¹ American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA; Telephone: 610.832.9585, Fax: 610.832.9555, <http://www.astm.org>

² International Organization for Standardization, ISO Central Secretariat, 1 rue de Varembe, Case postale 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland; Telephone: 41.22.749.01.11, Fax: 41.22.733.34.30, <http://www.iso.ch>

³ SEMATECH, 257 Fuller Road, Suite 2200, Albany, NY 12203, USA; Telephone: 518.649.1000, <http://www.sematech.org>

5.3 定義

5.3.1 薬液供給システム (Liquid Chemical Distribution System (LCDS)) — 半導体製造設備において、液体プロセス化学薬品を貯蔵場所から使用場所への管理・搬送のために使用する部品およびサブシステムの集合体。

5.3.2 マイクロ電子デバイス (microelectronic devices) — 電力をほとんど消費せず、通常の電子設計で使用される多様な部品を網羅する、きわめて小型の電子装置。個別に提供されているほか、場合によっては、トランジスタ、コンデンサ、インダクタ、抵抗器、ダイオード、絶縁材、導体、デジタルおよびアナログ集積回路、微小電気機械システム (MEMS) 等として 1 枚の基板に組み合わせて提供されることもある。このような電子部品の例は、コンピュータ、携帯電話、テレビ、太陽光発電パネル等に見られる。

5.3.3 超純水配分システム (Ultrapure Water Distribution System) — 超純水を、貯蔵場所から使用場所へ搬送するために使用する部品およびサブシステムの集合体。

6 純度の要求条件

6.1 材料および部品のタイプ別の必須テストを表 1 に示す。

表 1 材料および部品のタイプによる必須テスト^{#1, #2}

タイプ	パーティクル #3, #4 (§ 6.7 参照)		イオン汚染 (§ 6.8 参照)	金属汚染 (§ 6.9 参照)	TOC (see § 6.10)	表面粗さ (§ 6.11 参照)
	リンス テスト	サイクル テスト				
ペレット			-	-	-	
圧空式弁	√	√	√	√	√	√
電動弁	√	√	√	√	√	√
手動弁	√	-	√	√	√	√
逆止弁	√	√	√	√	√	√
流量計：可動部なし	-		√	√	√	√
流量計：可動部あり	-	-	√	√	√	√
流量調節器	-	-	√	√	√	√
圧空式パイロットレギュレータ	-	-	√	√	√	√
手動レギュレータ	-	-	√	√	√	√
チューブ	-		√	√	√	√
フィルタハウジング	-		√	√	√	√
脱気モジュール	-		√	√	√	√
ゲージガード	-		√	√	√	√
継手	-		√	√	√	√
パイプ	-		√	√	√	√
タンク/容器/ドラム ^{#5}	-		√	√	√	
センサ：可動部あり	-	-	√	√	√	√
センサ：可動部なし	-	-	√	√	√	√
ポンプ	-	-	√	√	√	√

#1 表 1 内の「√」はテストが必要なことを意味し、空欄はテストが不要なことを示す。

#2 表 1 内の「-」は、テスト法がまだ存在しないため現在はテストが不要なことを意味する。

#3 SEMI F104 は、現在オリフィスの寸法が最小 1/8 インチから最大 1 インチの製品のテストに限定されている。

#4 ¶ 3.5. 参照。

#5 一部の大型容器では、体積対表面積比により、有意な浸漬抽出テスト結果を得られないことがある。何らかの動的テストは行われているが、本書では対象外である。イオン、金属、有機汚染等の表面テストは、サプライヤーとエンドユーザの間で必要性、制限および方法が合意されている場合は、タンク/容器/ドラムについて実施することができる。

6.2 表 3 から 6 に記載した数値は、PVDF および PFA の高純度グレードの既存データベースから構築されたものである。この数値が表すパイプシステムのポリマー製部品の特性は、現状では最終ユーザに満足すべき結果をもたらすものである。パーティクル浸出又は表面粗度特性が異なる別の材料は、受け入れられることもあり、またそうでないこともある。エンドユーザはこのような材料が本書のスタティック値および最終的に供給された液体の要求条件を共に満足するものかどうかを判断するためにテストを行う必要があるだろう。

6.3 浸出した部品またはポリマー材料の結果が、計器の検出限度を超えて希釈される可能性を防ぐため、浸出液の部品または材料体積対表面積比は、可能な限り、検出限界が仕様値の 50% 以下となるようにすべきである。

6.4 材料の形状により検出限界が仕様値の 50% 超、100% 未満となる場合は、検出限界を向上させる際に他の選択肢がないことを条件に、データを使用することができる。仕様値の 100% を超える検出限界は、いかなる場合も検討してはならない。検出限界を仕様値の 100% 未満に下げられない部品の形状の場合は、代替手段として、構造および製造法が類似した部品を使用してテストすることが考えられる。この「類似部品」は類似の形状を持つと同時に、仕様値の 100% 未満という検出限界要求を満たす必要がある。

6.5 小さな部品をテストする場合、溶液の体積が不十分で所要のテストを実施できない場合は、部品を複数使用して必要な溶液体積を確保することができる。

6.6 テスト用に選択した部品は、通常の生産に使用される包装に収められた状態で供給されなければならない、またサプライヤーの現在の製造能力を反映したものでなければならない。

6.7 パーティクル発生

6.7.1 テストの重要性 — ポリマー製部品内部から発生するパーティクルは、マイクロ電子デバイスやその他の重要な表面と直接接触して、好ましくない表面汚染を発生させたり、フォトリソグラフィプロセスで問題を起こし、歩留まりを減少させることがある。

6.7.2 パーティクル発生テストでは、部品からのパーティクル発生を測定するための方法を使用するとともに、UPW を試験液として使用する。これらの方法では、現場光学式パーティクル測定機器を使用して性能を定量化する。

6.7.3 パーティクル発生テストは、表 1 に示すポリマー製部品に限定される。

6.7.4 ポリマー製部品は、表 2 に表すパーティクル発生仕様に適合しなければならない。

注 7: リンステストおよびサイクルテストに関する表 2 内の性能値は、初期のシステムパーティクルバックグラウンドレベルを差し引いた後の、最低 4 個の代表的な部品の幾何平均および算術平均をそれぞれ表している。

表 2 パーティクル発生^{#1}

詳細	単位	パーティクルの大きさ	値 (材料のタイプによる) ^{#2, #3, #4}	
			PTFE あるいは PFA	他の材料
リンステスト	達成すべき必要体積 <0.1 パーティクル/ml	パーティクルの大きさ ≥0.1 μm	≤300 リットル	-
サイクルテスト: 自動的にサイクルするレギュレータおよび部品	達成すべき必要サイクル <100 パーティクル/起動	パーティクルの大きさ ≥0.1 μm	≤500 サイクル	-
	達成すべき必要サイクル <10 パーティクル/起動	パーティクルの大きさ ≥0.1 μm	≤10,000 サイクル	-

#1 表 2 内の「-」は、許容限度が定められていないため現在テストが不要であることを意味する。

#2 パーティクル発生のパリマー製部品のテスト方法は、SEMI F104 である。(¶6.7.5 参照)。

#3 SEMI F104 は、現在オフィスの寸法が最小 1/8 インチから最大 1 インチの製品のテストに限定されている。

#4 パーティクル発生についての詳細情報は § 6.7 を参照のこと。

6.7.5 SEMI F104 が定義するのは、パーティクル発生テストを実施する際に使用されるテスト方法である。

6.7.6 リンテストは、部品が静置状態のときにフラッシングモードでのパーティクル発生性能を評価するものである。パーティクルレベルを表 2 に定められたガイドラインに合わせるために必要な UPW の体積の指標を提供する。

6.7.7 サイクルテストは、サイクル中のパーティクル発生性能を評価し、動的モードでの定常パーティクル発生指標を提供する。

6.8 イオン汚染

6.8.1 テストの重要性 — イオン汚染は、製造中の電子デバイスや他の重要な表面に腐蝕やエッチング効果をもたらし、直ちにまたは将来のデバイス故障の原因となる。イオン汚染を含む溶液が蒸発すると、表面残留物を残すことがある。

6.8.2 イオン汚染仕様および検査は、表 1 に示す通り、ポリマー製材料および部品に対して要求される。

6.8.3 ポリマー製材料および部品は、表 3 に示すイオン汚染仕様に適合しなければならない。SEMI F40 を使って分析する材料や部品を準備し、また ASTM D4327 および同等のものを使って浸出液を分析する。

表 3 表面浸出可能なイオン汚染の要求条件

種類 ^{#1}	85 ±5°C で7 日間のスタティック値(μg/m ²) ^{#2, #3}
臭化物	≤100
塩化物	≤3000
フッ素	≤60,000
硝酸塩	≤100
亜硝酸塩	≤100
リン酸塩	≤300
硫酸塩	≤300

#1 アンモニウムイオンに関するオプションテストが最終ユーザにより要求される場合がある。

#2 表面抽出テストに対するポリマー材およびポリマー製部品の準備実施は SEMI F40 である。抽出されたイオン汚染に対するポリマー材およびポリマー製部品テスト法は、ASTM D4327 である(¶6.8.3 参照)。

#3 イオン汚染についての詳細情報は、§ 6.8 を参照のこと。

6.8.4 スタティック値は、テスト媒体として UPW を使った 7 日間にわたるスタティック浸出テストから得られる。

6.8.5 イオン汚染を報告する場合は、測定値および検出限界を、単位表面積(平方メートル)当たりの汚染量(マイクログラム)で報告するものとする(μg/m²)。

6.8.6 測定値は、§ 6.3 に記載されているように、その検出限界を超える場合に報告される。測定値が検出限界を下回る場合は、検出限界未満であることが報告される。

6.8.7 ポリマー製材料および部品のテスト温度は、85 ± 5°C でなければならない。テスト温度がポリマー製材料および部品の比較データを得るために指定されているが、それは使用温度を示すものではない。

6.9 金属汚染