

SEMI F47 の概要 — 半導体製造装置の電圧サグ・イミュニティ試験

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2026 年 6 月 28 日

目次

1	概要	1
2	試験法	2
3	試験レベル	2
4	試験の実施	3
4.1	EUT の選択	3
4.2	試験条件	3
4.3	合否基準	3
4.3.1	機器	3
4.3.2	サブシステムやコンポーネント	4
5	報告書/証明書	4
5.1	証明書	4
5.2	試験報告書	4
6	参考資料	5

1 概要

SEMI F47 は SEMI^{†1} 規格の 1 つで、半導体製造装置の電源電圧のサグ (ディップ)、すなわち電源電圧の短時間の低下に対するイミュニティに関する要求事項を定めるもので、次のようなものへの適用が意図されている:

● 半導体製造装置

例えば:

- エッチング装置 (ドライ, ウェット)
- 成膜装置 (CVD, PVD)
- 熱処理装置
- 表面処理/洗浄装置
- フォトリソグラフィ装置 (スキャナ, ステッパ, トラック)
- イオン注入装置
- 計測装置
- 自動試験装置
- 化学的機械研磨/平坦化装置、等々

● 半導体製造装置の構築に用いられるサブシステムやコンポーネント^{†2}

例えば:

- 電源装置
- RF 発生器や整合回路網
- 超音波発生器
- コンピュータ/通信システム
- ロボットと工場インターフェース
- AC コンタクタ・コイルや AC リレー・コイル
- チラーやクライオ・ポンプ
- ポンプやブロー
- 可変速駆動装置、等々

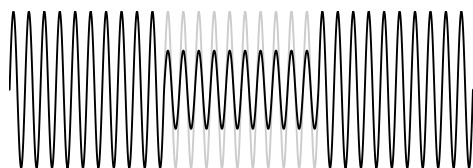


図 1: サグの例 — 50 % 10 周期

^{†1} 半導体産業の業界団体; <https://www.semi.org/>

^{†2} 半導体製造装置の構築に SEMI F47 に適合したコンポーネントを用いることは有用ではあるが、これはその装置が SEMI F47 に無条件で適合することを意味するわけではない。

これは法的な要求ではなく、また法的な要求の代わりとなるものでもないが、半導体製造装置に対する要求の1つとして広く用いられている。

本稿では本稿の執筆の時点でのこの規定の最新版である SEMI F47-0706^[1] の概要を述べる。^{†3}

なお、本稿はこの規定の内容全てをカバーするものではなく、また正確であるとも限らないので、この規定についての正確な情報は規定そのもの^[1]を参照していただきたい。

2 試験法

SEMI F47-0706 では試験法として IEC 61000-4-11^{[2][4]} (定格電流 ≤ 16 A/相の場合) や IEC 61000-4-34^{[3][4]} (定格電流 > 16 A/相の場合) が参照されている。

3 相電源のサグは、1 つの相と中性線のあいだ (中性線がある場合)、また相と相のあいだに印加する (図 2)。全相同時のサグは不要である。

3 相電源の相-相の試験では、IEC 61000-4-11 や IEC 61000-4-34 では許容されていない、位相角を変えずに 2 つの相-中性線電圧を同時に低下させる方法での試験 (図 2 の方法 3) も許容される。

試験は IEC 61000-4-11 と IEC 61000-4-34 のいずれか該当する方に適合した試験システムで行なうことができる^{†4}が、全ての相の電圧と電流の波形の報告が求められる (§5.2) ことからそれらの波形の記録の手段も必要となる。

3 試験レベル

SEMI F47-0706 で要求として定められた試験レベルは表 1 に示した上側の 3 つとなる。

それに加えて SEMI F47-0706 Table R1-1 では表 1 に示した下側の 2 つの試験レベルが推奨試験レ

^{†3} SEMI F47-0200 と SEMI F42-0600 は SEMI F47-0706 によって置き換えられた。要求事項には相違があるが、既に SEMI F47-0200 で試験や証明が行なわれたものはサグへのイミュニティに影響するかも知れない設計変更が行なわれない限り試験や証明をやり直す必要はない旨 (祖父条項) が明示的に定められている。

^{†4} 試験システム (上流側の電源を含む) の電流供給能力が充分かどうか特に注意が必要かも知れない。SEMI F47-0706 ¶R1-2 (Some common mistakes) で電流供給能力が充分なサグ発生器を使用しないことがありふれた過ちの例として挙げられており、これが誤った合格の結果をもたらし得る旨が述べられている。

ベルとして示されているが、これらは推奨であり、必須の要求の一部ではない。

必要な場合、ITIC (CBEMA) カーブ^[5]を参考として追加の条件での試験を行なうこともできる。

また、より深い、あるいはより長いサグがハザードをもたらし得る場合、そのようなリスクの低減や除去のための対応を行なうべきである。

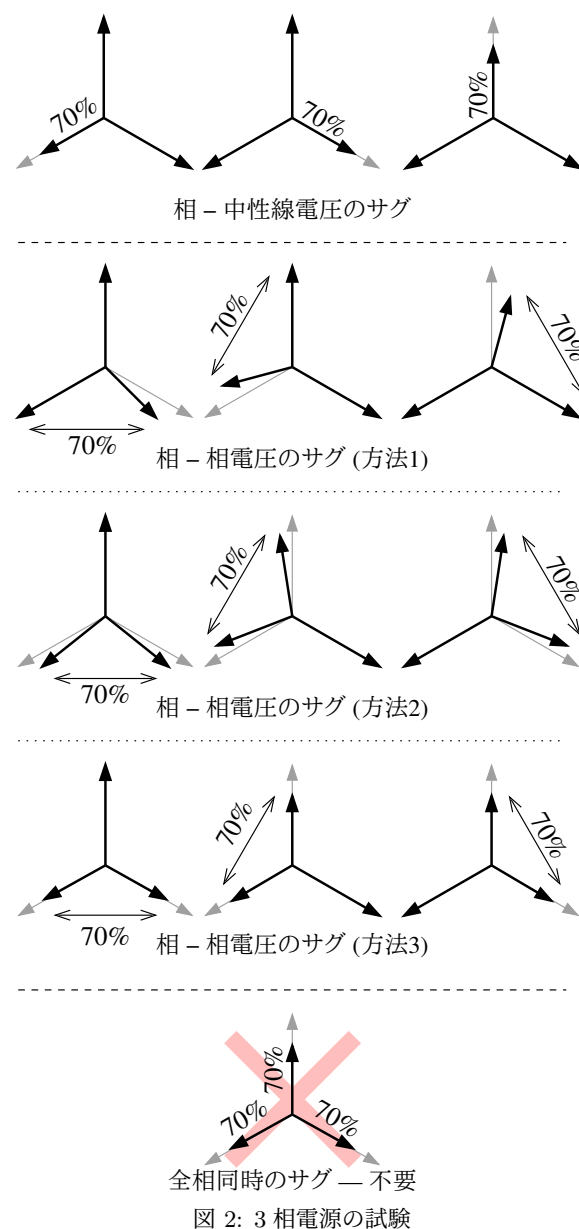
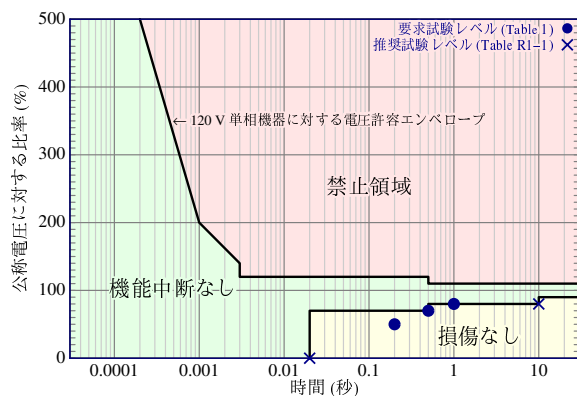


図 2: 3 相電源の試験

サグの深さ (残留電圧)	サグの持続時間	
	50 Hz	60 Hz
要求試験レベル (Table 1)		
50 %	10 周期	12 周期
70 %	25 周期	30 周期
80 %	50 周期	60 周期
推奨試験レベル (Table R1-1)		
0 %	1 周期	1 周期
80 %	500 周期	600 周期

表 1: 試験レベル

図 3: ITIC (CBEMA) カーブ^{†5} と SEMI F47-0706 試験レベル (50 Hz)

4 試験の実施

4.1 EUT の選択

試験は生産品を代表するサンプルに対して実施する。^{†5} ^{†6} 生産された同等の品物それぞれについて試験を実施する必要はない。

技術的判断が複数のモデルや型式が電圧サグに同じ形で反応することを示すならば、機器の製造業者

^{†5} SEMI F47-0706 ¶R1-2 (Some common mistakes) で「コンポーネントのばらつきを考慮しないこと — 例えば典型的な電解コンデンサは -10 % / +50 % の許容差を持つかも知れない。例えば特定の EUT が +40 % のコンデンサを含むならば要求を十分に満足するかも知れないが、同じ設計に対して組み立てられた他の生産品は不合格となるかも知れない。」というものがあふれた過ちの例として挙げられている。従って、単に生産品を代表するというだけでなく、生産品の中でこの試験に関して不利となりそうなものを代表するものを試験するように努めることが必要となるかも知れない。

^{†6} 稀にはあるが試験が EUT に損傷を与える可能性もある旨、また試験技術者は試験の実施に先立って損傷の発生の可能性を機器の所有者に知らせるべき旨が述べられている (¶7.3 (Owner Notification))。試験は実際に顧客に納品される製品に対して行なわれることも多いと思われ、損傷 (これは気づきにくいものとなるかも知れない) を受けた製品をそのまま納品したならば後日大きな問題となるかも知れない。

はそれぞれのモデルや型式を試験する必要はないと判断できるかも知れない。

半導体製造装置が複数のチャンバを持つ場合、それぞれのチャンバを別々に試験しても良い。製造業者はそれらのチャンバとメインフレームのあいだの潜在的な相互作用に関して合理的な技術的判断を行なわなければならない。

4.2 試験条件

EUT は機器製造業者の合理的な技術的判断に従って予期される工場の動作条件を近似するであろう条件下で試験する。技術的判断では以下の事項を考慮する:

- EUT はその製造業者が定めた最も敏感な状態で試験する。これはロボットの動作、最大出力での加工、最も敏感な測定などを含むかも知れない。EUT の電圧サグへの感受性がプロセス・レシピに影響されるかも知れない場合、EUT は SEMI S2^{†7} で規定された基本レシピで試験する。
- コンポーネントやサブシステムは負荷状態で試験する (例えば DC 電源装置や RF 発生装置は予期される負荷を掛けて、チラーや冷凍機は熱負荷を掛けて試験すべき、等々。)

4.3 合否基準

4.3.1 機器

機器はインタラプトを生じないこと。

ここで、

- インタラプト (interrupt) — 機器のアシストやフェイリア
- アシスト (assist) — 以下の 3 つの条件全てに該当する、機器のサイクル中に生じる計画外の停止に対する応答:
 - 停止した機器サイクルが外部の (例えばオペレータやユーザーの) 介入によって再開する、かつ

^{†7} SEMI S2 — *Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment*

- 規定された消耗品を除く部品の交換がない、かつ
- 機器の動作の規定からのその他の逸脱がない。
- フェイリア (failure) — アシスト以外の、任意の計画外の停止や機器の動作の規定からの逸脱

4.3.2 サブシステムやコンポーネント

サブシステムやコンポーネントは以下のいずれかに該当すべきである:

- a) 全定格動作を遂行する。
- b) 全定格動作を遂行しないかも知れないが、オペレータやホスト・コントローラの介入なしに動作を回復する。いつ全定格動作を達成しなくなったかを示すエラー信号を機器のホスト・コントローラに送らない。
- c) 全定格動作を遂行しないかも知れないが、オペレータやホスト・コントローラの介入なしに動作を回復する。いつ全定格動作を達成しなくなったかを示すエラー信号を機器のホスト・コントローラに送って良い。

5 報告書/証明書

5.1 証明書

SEMI F47-0706 への適合性を示す証明書には少なくとも以下の情報を含める:

- a) 証明書を発行する機関
- b) EUT の製造業者、製造業者の住所、及び製造業者の代表電話番号
- c) EUT のモデル番号と製造番号
- d) 試験データ
- e) 試験場所
- f) 電圧範囲の制限、必要な変更、プロセスの制限、機器の構成、特別な/普通ではない設置要求などの、その証明書の任意の使用条件
- g) その証明書が適用されるモデル番号や製造番号の範囲

- h) 試験が行なわれた公称電圧、及び周波数範囲
- i) 試験機器が IEC 61000-4-11 や IEC 61000-4-34 のいずれか該当するものに完全に適合する旨の声明を含む、使用された試験機器
- j) その発行日を含む、SEMI F47 への参照
- k) 該当する場合は負荷やプロセスのレシピを含む、試験条件
- l) 完全に書かれた、合否基準 (例えば「7.8.2(a) に適合」ではなく「試験された電圧サグのあいだ全定格動作を維持」のような)
- m) §4.3.2 の b) や c) に示した合否基準が適用された場合、EUT の電圧サグの最中と後の挙動の詳細な記述
- n) 試験結果が複数のモデルや型式に適用される場合、該当する全ての機器のモデル番号や型式を特定し、試験されたモデルや型式との等価性の宣言を含める

5.2 試験報告書

SEMI F47-0706 への適合性を示す試験報告書には少なくとも以下の情報を含める:

- a) 証明書について §5.1 で示した該当する全ての情報
- b) 試験を実施もしくは関与したエンジニアのアイデンティティ
- c) 少なくとも最悪条件の電圧サグ 1 つについての、サグの前と後のデータを含む、全ての相の電圧と電流の波形 (最悪条件は電圧サグの前や後に EUT が吸い込む電流が最大となるものとして定義される)
- d) それぞれのサグについてサグが印加された位相角、サグの深さと持続時間、EUT のプロセス状態、サグの結果、また任意の有用なコメントやサグの最中や後の初見を含む、試験で印加された全てのサグの完全な一覧
- e) 試験セットアップ、EUT、また環境の写真
- f) 試験からもたらされた任意の勧告、及び/もしくは結論

6 参考資料

- [1] SEMI F47-0706, *Specification for Semiconductor Processing Equipment Voltage Sag Immunity*, SEMI, 2006
- [2] IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-11: Testing and measurement techniques — Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current up to 16 A per phase*
- [3] IEC 61000-4-34, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-34: Testing and measurement techniques — Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with mains current more than 16 A per phase*
- [4] IEC 61000-4-11, -4-34 の概要 — 交流電源の電圧ディップ、短時間停電、及び電圧変動イミュニティ試験の方法, 株式会社 e・オータマ 佐藤, 2024, <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [5] ITI (CBEMA) *Curve Application Note*, Information Technology Industry Council, 2000, <https://www.itic.org/resources/Oct2000Curve-UPDATED.doc>