

SEMI PV23-1011

結晶シリコン太陽電池(PV)モジュールの輸送環境におけるメカニカル振動試験の方法

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、Photovoltaic Global Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2011 年 9 月 12 日, global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2011 年 10 月に www.semiviews.org および www.semi.org で入手可能となる。

1 目的

- 1.1 信頼性は太陽電池産業において特に重要な課題である。モジュールの購入者は製品の性能と信頼性の両方に自分の資本を投資する。顧客と製造者の両方に対するコストを最小化する最も確実なソリューションは、出荷前に試験を行い環境条件におけるモジュールの耐性を確認することである。
- 1.2 本スタンダードは、輸送時に発生するメカニカル振動による太陽電池モジュールへの損傷を評価する共通の試験方法の提供を目的とする。これにより、モジュールの製造者、購入者、およびその他関係者は、必要な時に参照可能な試験基準を共有できる。また、本スタンダードによる輸送時のより安全なモジュール保護手段の発達の促進も期待する。
- 1.3 本試験方法の結果から、パッケージ設計によるモジュール保護の水準に関する情報を提供する。

2 範囲

- 2.1 **基本試験システム要件** — 本スタンダードは、基本振動試験システム要件を規定する。
- 2.2 **試験手順** — 現在の IEC 規格に基づき、振動試験、および PV モジュール性能の事前検査と事後検査も含め、一般的な試験手順をフローチャートで示す。特定の輸送手段に対応した周波数範囲、パワースペクトル密度などを含む振動の仕様は、既存の規格(例: ASTM, MIL-STD, または ISTA)などに基づき利用者が選択する。
- 2.3 **サンプリング方法** — 通常、太陽電池モジュールは複数を 1 束にしたものを 1 単位として出荷する。同一の束のモジュール全てに対する全性能試験は時間とコストがかかるので不要である。そのため、事前検査および事後検査を行うモジュールの選択方法に関する推奨事項を設けている。
- 2.4 **サンプル報告およびデータフォーマット** — 結果および関連情報は、顧客への最終試験報告書および推奨報告書とデータフォーマットに記述する。

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 制限

3.1 本文書は出荷ユニットのパッケージ設計を指定しないため、それについて制限することはない。

3.2 一部の顧客は輸送手段または製造場所に応じて異なる振動仕様を必要とする可能性があるため、本試験方法は、パワースペクトル密度 (PSD) プロフィール、試験時間などの振動の仕様は規定しない。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 ASTM Standards¹

ASTM D4728 — Standard Test Method for Random Vibration Testing for Shipping Containers

ASTM D4169 — Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems

ASTM D4332 — Standard Practice for Conditioning Containers, Packages, or Packaging Components for Testing

4.2 IEC Standards²

IEC 61215 — Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules – Design Qualification and Type Approval

IEC 61730-2 — Photovoltaic (PV) Module Safety Qualification Part 2: Requirements for Testing

IEC 60068-2-64 — Environmental Testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, Broadband Random and Guidance

4.3 ISO Standard³

ISO 2233 — Packaging – Complete, Filled Transport Packages and Unit Loads – Conditioning for Testing

4.4 Military Standard⁴

MIL-STD-810 — Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests

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。

5 用語

5.1 略語および頭字語

5.1.1 PSD (power spectral density) — パワースペクトル密度

5.1.2 PV (photovoltaic) — 太陽電池

5.2 定義

5.2.1 顧客 (customer) — 本スタンダードを利用する個人または企業。

5.2.2 ダミーモジュール (dummy module) — 振動試験を目的とする、太陽電池モジュールと機械的に同等 (質量, 質量分布, 線寸法, および剛性) の装置。

5.2.3 試験モジュール (test module) — 振動による損傷の評価のための事前検査および事後検査を行うモジュール。

5.2.4 試験モジュール位置 (test module locations) — 振動試験時に試験モジュールが配置されるモジュールの束内での位置。

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 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>

³ 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>

⁴ DODSSP; Building 4/Section D, 700 Robbins Avenue, Philadelphia, PA 19111-5094, USA.

5.2.5 試験片 (test specimen) — 完全に積荷された輸送貨物または実際の出荷/輸送時と実質的に同等となる単位荷重。

5.2.6 振動試験仕様 (vibration test specification) — パワースペクトル密度、全体の加速度実効値、試験時間など、§ 6 で示す装置を用いた振動試験実行に必要なデータ。

6 装置

6.1 振動台 (シェーカー) — 振動台は、試験片全体を乗せるための十分な大きさがなければならない。また、出力、変位、および周波数範囲に関して、振動仕様の実現に十分な強度と剛性を備えていなければならない。試験片が試験時に台から落下する場合に備え、横方向の動きを制限するために低いフェンスを使用すべきである。振動台は、最大角度偏差 0.3° の範囲内で水平を保たなければならない。

6.2 計装 — 振動台の測定および制御には、加速度計、シグナルコンディショナ、アナライザ、データディスプレイ、記憶装置、電子制御装置などが必要である。加えて、試験対象の反応を測るための計装が必要である。システムは、試験用に指定された周波数範囲にわたり反応精度を±5%の範囲内で保持しなければならない。加速度計は、試験または測定の結果に影響しないよう、十分に小型化および軽量化されているべきである。⁵

7 プレコンディショニングおよびコンディショニング

7.1 試験片は、使用振動試験仕様を規定するのと同じの文書の関連するセクションに従いコンディショニングされなければならない。一般的または指定がない場合は、ASTM D4332 または ISO 2233 に従いコンディショニングすることを推奨する。

8 振動試験仕様

8.1 パワースペクトル密度、全体の加速度実効値、試験時間などの振動試験仕様は、通常、既存の輸送試験規格を参照して顧客が選択しなければならない。一般的な陸上輸送に関しては、ASTM D4169 トラック保証レベル II ランダムプロファイルの使用を推奨する。

8.2 本スタンダードでは、垂直方向のみの振動試験を必要とする。

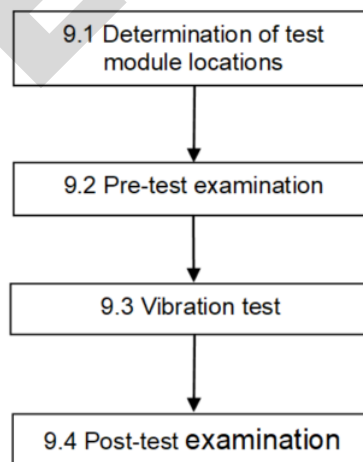


図 1
試験手順のフローチャート

⁵ 適切な計装についての詳細は、衝撃・振動ハンドブック (Shock and Vibration Handbook) を参照のこと (¶ 11.1 参照)。

9 試験手順 (図 1 参照)

9.1 試験モジュールの位置の決定 — 本試験は、¶9.2 および 9.3 に記載される事前検査および事後検査でさまざまなモジュール位置における振動反応分布測定を受ける出荷ユニット内のモジュールについて示す。本試験で使用されるモジュールは、ダミーモジュールでも可とする。要求される振動試験仕様変更された場合、¶9.1 の試験を再度行わなければならない。

9.1.1 振動台に試験片を設置する。振動台にパッケージの底面全体を乗せるための十分な大きさがなければ、延長部品を使用しなければならない。延長した振動台は、¶6.1 の要件を満たさなければならない。

9.1.2 振動反応分布の測定にあたり、パッケージ内の 1 つのモジュールを一律に選択する。加速度計は、モジュールの前面または背面の中心に取り付けなければならない。

9.1.3 多くの場合において、加速度計を設置すると同時に測定点にアクセスするためにモジュールのフレームおよび容器に改修（穴を開けるなど）が必要となる。モジュールの機械的性質を振動試験に影響が出るほど著しく変えないよう、改修はできる限り小範囲で行わなければならない。例えば、フレーム深 30 mm のモジュールフレーム（ガラスパネルを固定する部分を除く）の場合、測定点まで導線を通せるよう、角から最小 20 cm 離れた位置に直径 10 mm の円形開口部をフレームの側面に設けてもよい（図 2 を参照）。導線は、振動テスト中に動いて測定に影響しないよう固定しなければならない。内部のモジュール束まで導線を通すため、梱包容器に開口部を設けてもよい。

9.1.4 振動試験仕様を電子制御装置に入力し、最低 3 分間、装荷した振動台を作動する。モジュール中心の加速度実効値 g_{rms}^d を決定するために、モジュール中心での振動反応を記録しなければならない。

9.1.5 各測定位置からの g_{rms}^d 値を比較し、以下の基準を用いて試験モジュール位置を選択する。

9.1.5.1 方式 A: 値が平均 g_{rms}^d 値の $\pm 50\%$ の範囲内に収まる場合、最も容易に操作できるモジュール位置を 3 箇所選択する。

9.1.5.2 方式 B: 1 箇所以上のモジュール位置で平均 g_{rms}^d 値の $\pm 50\%$ の範囲から外れる場合、 g_{rms}^d が最も大きい位置 3 箇所を選択する。

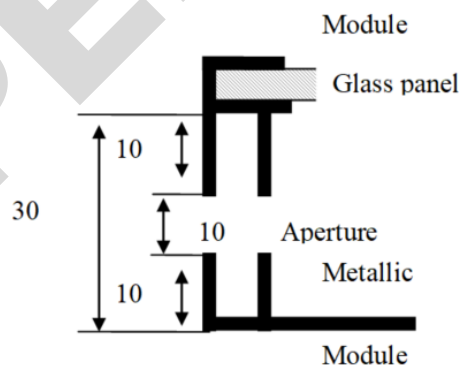


図 2
太陽電池モジュールフレームにおける導線アクセスのための開口部

9.2 事前検査 — 3 つ以上のモジュールを束ねた出荷ユニットの場合、3 つの試験モジュールを使用する。出荷ユニットにモジュールが 2 つのみであれば、2 つの試験モジュールを使用する。モジュールが 1 つのみの場合は、1 つの試験モジュールを使用する。事前検査は、表 1 に挙げた項目に基づく、太陽電池モジュールに関する一連の IEC 試験および測定からなる。試験に合格しないモジュールがある場合、¶9.2 に記載する試験全てに合格するまで、新しい試験モジュールに交換すべきである。