

SEMI PV17-1012

SPECIFICATION FOR VIRGIN SILICON FEEDSTOCK MATERIALS FOR PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS

PV 応用のための未使用シリコン供給原材料に関する仕様

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 2012 年 8 月 30 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2012 年 10 月に www.semiviews.org および www.semi.org で入手可能となる。初版は 2011 年 6 月発行。前版は 2012 年 3 月発行。

1 目的

1.1 シリコンは成長している太陽光発電 (PV) 産業の基幹材料の一つである。シリコンからできている太陽電池は長年に亘って製造されるであろう。シリコン供給原材料の供給あるいは購入の新規部隊がこの産業に参入してきている。

1.2 より多くの量とより原価効率の良いシリコン供給原料の必要性が冶金学的精製法の開発を誘発した。加えて、原形のシーメンズ法を変形した新方式が開発され大量生産に導入された。精製法の開発に平行して、それぞれが特長ある材料特性を要求する幅広い多様な結晶化技術と太陽電池設計が産業界や研究組織によって調査された。供給原材料品質、単結晶と多結晶インゴット、最終的な太陽電池性能との全ての関連を記述するためには多次元の要素空間が必要とされる。これらは供給者と顧客間の関係を阻害する、多量かつ高成長産業に対して適切でない多くの相互間問題を発生している。

1.3 シリコン供給原材料に対する標準化された、太陽電池のインゴットの信頼性ある製造を可能にし全ての関係者の利益になる、規格はこれらの相互間問題を軽減し材料特性と用語の共通理解を可能にすることが期待される。

2 範囲

2.1 この規格は CVD 法、冶金学的精製法あるいはその他の方法により製造された未使用シリコン供給原材料に亘る。CVD 法はいわゆるシーメンズ法、流動床法、粉末法そして蒸留法シランまたはハロゲン化シラン化合物を使ったその他の方法を含む。

2.2 これらの規格化された材料は、太陽電池向けのシリコンウェーハを製造するために使われる単結晶インゴット成長やキャストイングあるいは多結晶シリコン成長の他の方法に対して向けられている。

2.3 この規格は非晶質または微小形態シリコン生成物のような薄膜太陽製品の製造に使う材料に向けられていないが、もし特定の応用に適切ならば使えるであろう。

2.4 この規格は未使用シリコン供給原材料へだけの応用で、解体物あるいは半導体産業からの廃棄物への応用ではない。

2.5 この規格はまた、混合された材料からの熔融物に対するガイドラインとして使われるかもしれないが、混合材料を規定することを意図していない。

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 なし。

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 M44 — Guide to Conversion Factors for Interstitial Oxygen in Silicon

SEMI MF28 — Test Method for Minority Carrier Lifetime in Bulk Germanium and Silicon by Measurement of Photoconductivity Decay

SEMI MF84 — Test Method for Measuring Resistivity of Silicon Wafers with an In-Line Four-Point Probe

SEMI MF391 — Test Method for Minority Carrier Diffusion Length in Extrinsic Semiconductors by Measurement of Steady-State Surface Photovoltage

SEMI MF397 — Test Method for Resistivity of Silicon Bars Using a Two-Point Probe

SEMI MF723 — Practice for Conversion between Resistivity and Dopant or Carrier Density for Boron-Doped, Phosphorous-Doped, and Arsenic-Doped Silicon

SEMI MF1188 — Test Method for Interstitial Oxygen Content of Silicon by Infrared Absorption with Short Baseline

SEMI MF1389 — Test Method for Photoluminescence Analysis of Single Crystal Silicon for III-V Impurities

SEMI MF1391 — Test Method for Substitutional Atomic Carbon Content of Silicon by Infrared Absorption

SEMI MF1528 — Test Method for Measuring Boron Contamination in Heavily Doped n-Type Silicon Substrates by Secondary Ion Mass Spectrometry

SEMI MF1535 — Test Method for Carrier Recombination Lifetime in Silicon Wafers by Noncontact Measurement of Photoconductivity Decay by Microwave Reflectance

SEMI MF1630 — Test Method for Low Temperature FTIR Analysis of Single Crystal Silicon for III-V Impurities

SEMI MF1708 — Practice for Evaluation of Granular Polysilicon by Melter-Zoner Spectroscopies

SEMI MF1723 — Practice for Evaluation of Polycrystalline Silicon Rods by Float-zone Crystal Growth and Spectroscopy

SEMI PV1 — Test Method for Measuring Trace Elements in Silicon Feedstock for Silicon Solar Cells by High-Mass Resolution Glow Discharge Mass Spectrometry

SEMI PV10 — Test Method for Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) of Silicon

SEMI PV25 — Test Method for Simultaneously Measuring Oxygen, Carbon, Boron and Phosphorous in Solar Silicon Wafers and Feedstock by Secondary Ion Mass Spectrometry

4.2 ANSI/ASQ Standard¹

ANSI/ASQ Z1.4-2008 — Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes

¹ American National Standards Institute, 25 West 43rd Street, New York, NY 10036, USA; Telephone: +1.212.642.4980, Fax: +1.212.302.1286, <http://www.ansi.org>

4.3 DIN Standards²

DIN 50451-3 — Testing of Materials for Semiconductor Technology – Determination of Traces of Elements in Liquids – Part 3: Aluminum (Al), Cobalt (Co), Copper (Cu), Sodium (Na), Nickel (Ni) and Zinc (Zn) in Nitric Acid by ICP-MS

DIN 51002-1 — Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) – Part 1: Principles and Definitions

4.4 ISO Standard³

ISO 2859 — Sampling Procedures for Inspection by Attributes

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 最新の用語およびその定義のリストは、「SEMI スタンダード用語集(COTs)」を参照のこと。

5.2 略語および頭字語

5.2.1 *HRTEM (high resolution transmission electron microscopy)* — 高分解能透過電子顕微鏡法

5.2.2 *ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectroscopy)* — 誘導結合プラズマ発光分光法

5.2.3 *NAA (neutron activation analysis)* — 中性子放射化分析

5.2.4 *SEM-EDX (scanning electron microscopy-energy dispersion x-ray spectroscopy)* — 走査電子顕微エネ
ルギー分散型エックス線分光法

5.2.5 *XRF (X-ray fluorescence)* — 蛍光エックス線

5.3 定義

5.3.1 チップ, ポリシリコン (*chips, polysilicon*) — 最大寸法が約 50 mm より小さいポリシリコン不規則形破片

5.3.2 チャンク, ポリシリコン, ランプとも呼ばれる (*chunks, polysilicon, also called lumps*) — 不規則な表面特徴を持つ球形でないポリシリコン塊。そのポリシリコンチャンクは典型的に 250 mm までの寸法を持つ。

注 1: チャンクと同様にチップはポリシリコンロッドあるいは pmg シリコンブリックを破砕する際に発生する。これらの間を明確に分ける寸法制限はないが、通常チップはより小さい破片で、チャンクはより大きいものである。

5.3.3 CDV 工程

5.3.3.1 *流動床法 (fluidized bed process)* — 粒状多結晶を造るために流動床反応器中で蒸留法シランまたはハロゲン化シラン化合物を熱的に分解すること。

5.3.3.2 *粉末法 (powder process)* — シリコン粉末を造るために反応器中で蒸留法シランまたはハロゲン化シラン化合物を熱的に均一に分解すること。

5.3.3.3 *ロッド CVD 法 (シーメンス法) (rod CVD process (Siemens process))* — 細かい結晶粒からなる多結晶棒状シリコン (ポリシリコン) を造るために棒状堆積反応器 (シーメンス反応器) 中で蒸留法シランまたはハロゲン化シラン化合物を熱的に分解すること。

5.3.4 グラニューウ, ポリシリコン, ビーズまたはペレットとも呼ばれる (*granules, polysilicon, also called beads or pellets*) — 流動床反応器中で造りだされる典型的な寸法が 0.1 mm から 10 mm のほぼ球形の粒状多結晶。

² Deutsches Institut für Normung e.V., Available from Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstrasse 4-10, D-10787 Berlin, Germany;
<http://www.din.de>

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>

5.3.5 ハロゲン化シラン (*halosilanes*) — SiHCl_3 または SiHBr_3 によって一個またはそれ以上の水素原子がハロゲン原子によって置換されたシラン。

5.3.6 金属等級シリコン (*mg-Si*) (*metallurgical grade Si (mg-Si)*) — 典型的な純度 98%あるいはそれ以上のシリコンから成る不規則形のシリコンチャンク。*mg-Si* は水中に入れた電気アーク炉中で SiO_2 塊の炭素熱還元法によって得られる。それは冶金学的精製法のための未精製原料である。

5.3.7 粉末, ポリシリコン, 微粉とも呼ばれる (*powder, polysilicon, also called fines*) — 最大寸法 500 μm 以下の多結晶粒子。

注 2: パウダーとグラニューとは体積密度と形態の点が異なる。パウダーは典型的には低密度で樹枝状成長構造であり、集合して大きな粒子を形成する。

5.3.8 精製金属等級シリコン (*pmg-Si*), 改良金属等級シリコン (*umg-Si*) とも呼ばれる (*purified metallurgical grade Si (pmg-Si), also called upgraded metallurgical grade Si (umg-Si)*) — シリコンに、スラッシング、フィルタリング、引続き方位性凝固を伴うメルティング、リーチングあるいはエッチングのような冶金学的方法を応用して純化した冶金シリコン。

5.3.9 ロッド, ポリシリコン (*rod, polysilicon*) — 重量が典型的に 5 kg 以上で、円筒形状または部分的に円筒形状断片の多結晶。

5.3.10 シラン (*silane*) — SiH_4 , ¶ 5.3.3.1, 5.3.3.2, と 5.3.3.3 の始動材料。

5.3.11 トリクロロシラン (*trichlorosilane (TCS)*) — SiHCl_3 , ¶ 5.3.3.1, 5.3.3.2, と 5.3.3.3 の始動材料。

注 3: トリクロロシランとシランは *mg-Si* と HCl の反応に引続く蒸留法による揮発性化合物を精製することにより得られる。

6 発注情報

6.1 この規格に備えられたシリコン供給原材料の購買注文書には次の項目を含まねばならない。これらの項目は、もし使えるならば要求特性を選択するためのチェックボックスと共に、表 1 に示される。“____”によって示された空欄は数値と適切な単位で満たされなければならない。

- 一般的特性、製造方法、故意添加不純物と同時故意添加不純物の指定。
- 化学的特性、アクセプタ、ドナー、炭素、金属と同様な他の不純物の許容できる濃度の限定。
- 寸法特性、製品の形態、大きさと重さの規定。
- 表面特性、表面様相と酸化膜厚の指定。
- 梱包、容器の材料と大きさの指定。
- 統計的許容特性、試験方法、サンプルサイズと製品検定に対する許容基準の指定。
- 文書資料、証明書の数とその内容の規定。

6.2 付加的な項目はこれら上記の一覧表に追加して任意に指定される。

6.3 全ての場合に、規定した項目の全ての選択は供給者と顧客間に驚愕を導くような特記されていない要素を持たないように作成されることが必須である。

6.4 加えて、購買注文書には、別の試験手順が存在するこれら項目の各々を評価する際に使う試験方法を指示しなければならない。

表 1 オーダー記入の仕様フォーマット

その 1 (Part 1) 一般情報		
項目	情報	日付
顧客名		
購入注文番号		
ライン番号		
項目番号		
一般仕様番号		
改訂レベル		
部分番号・改訂		
その 2 (Part 2) PV 太陽電池用のシリコン供給原材料		
項目	仕様	測定方法 ^{#1}
1	一般特性 GENERAL CHARACTERISTICS	
1.1	製造方法 Manufacturing Method [] CVD-poly CVD ポリ; [] pmg-Si; [] その他 (指定): ____; [] 指定なし	
1.2	アクセプタ Acceptors [] ホウ素; [] アルミニウム; [] その他 (指定): ____	
1.3	ドナー Donors [] リン; [] ヒ素; [] アンチモン; [] その他 (指定): ____	
1.4	過剰荷電キャリア寿命 Excess Charge Carrier Lifetime [] 指定: ____μsec; [] 指定なし	[] SEMI MF28 ^{#2} [] SEMI MF391 ^{#2} [] SEMI MF1535 ^{#2} [] その他 (指定): ____
2	化学特性 CHEMICAL CHARACTERISTICS	
2.1	アクセプタ濃度 Acceptor Concentration [] カテゴリ I, ドナーの許容値: (指定) ____ ppba, アクセプタの許容値: (指定) ____ ppba [] カテゴリ II, ドナーの目標値: (指定) ____ ppba, アクセプタの目標値: (指定) ____ ppba	[] SEMI MF84 ^{#2} with SEMI MF723 [] SEMI MF397 ^{#2} with SEMI MF723 [] SEMI MF1389 ^{#2} [] SEMI MF1528 [] SEMI MF1630 ^{#2} [] SEMI PV1 [] DIN 50451-3 [] ICP-MS [] SIMS [] その他 (指定): ____
2.2	ドナー濃度 Donor Concentration [] カテゴリ III, ドナーの目標値: (指定) ____ ppba, アクセプタの目標値: (指定) ____ ppba [] カテゴリ IV, ドナーの目標値: (指定) ____ ppba, アクセプタの目標値: (指定) ____ ppba	[] SEMI MF1389 ^{#2} [] SEMI MF1630 ^{#2} [] SEMI PV1 [] ICP-MS [] SIMS [] その他 (指定): ____
2.3	酸素濃度 Oxygen Concentration [] 指定なし	[] GFA [] SEMI MF1188 ^{#2} with SEMI M44 [] SIMS [] その他 (指定): ____
2.4	炭素濃度 Carbon Concentration	[] SEMI MF1391 ^{#2} [] GFA