

SEMI M65-0306^{E2}

化合物半導体エピタキシャルウェーハに使用するサファイア基板の仕様

本仕様は、global Compound Semiconductor Materials Committee で技術的に承認されている。現版は 2006 年 1 月 16 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2006 年 2 月に www.semi.org で、そして 2006 年 3 月に CD-ROM で入手可能となる。

^E 本スタンダードは 2006 年 8 月に編集上の修正がなされた。修正箇所は表 R2-2 である。

1 目的

1.1 サファイア基板は、窒化ガリウムと関連する薄膜のヘテロエピタキシャル成長に使用される。薄膜の特性は、使用される基板の特性に部分的に依存する。これらの仕様は、デバイスの製造に適した薄膜に成長に使用するために必要な判定基準の仕様を提供し、サファイア基板の表記法を統一するためのものである。

2 範囲

2.1 これらの仕様では、3 つのサイズ (50.8mm, 76.2mm, 100mm) の単結晶高純度研磨サファイア基板の必要条件を記載する。ここで規定する標準化された特性は、寸法および結晶の方位の特性のみである。購入仕様書には、さらに定義すべき物理特性が必要となることがある。これらの特性の多くは、その大きさを決定するための試験方法と共にリストで記載されている。これらのいくつかの特性については、追加情報レベルおよび推奨仕様レベルが関連情報の項に記載されている。

2.2 これらの仕様は、特に片面研磨のサファイア基板に関するものである。両面研磨、研磨なし、エピタキシャル薄膜付きの基板についてはカバーしていないが、そのような基板の顧客は、その要求条件を定義する上でこれらの仕様が有用なガイドであることがわかるだろう。

2.3 結晶方位の表記法は、考えられる誤解を防ぐために統一する。大文字や小文字で書かれる記号は、結晶面を正しく表記するために厳格に区別して使用しなければならない。

2.4 光学的測定法は、精密で操作が容易であるため、基板の平坦度を評価するために広く使用されている。したがって、応力がかかった表面あるいは応力がかかっていない表面の平坦度をより適切に検査するために、Sori, Taper, GBIR, GFLRが導入される。

2.5 参考として、すべての基板にSI(国際単位系、通常はメートル法と呼ぶ)単位を使用する。

注意: このスタンダードはその使用に関連したすべての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの使用者は、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 参照スタンダードおよび文書

3.1 SEMI スタンダード

SEMI M1 — Specifications for Polished Monocrystalline Silicon Wafers

SEMI M3 — Specifications for Polished Monocrystalline Sapphire Substrates

SEMI MF26 — Test Method for Determining the Orientation of a Semi-conductive Single Crystal

SEMI MF523 — Practice for Unaided Visual Inspections of Polished Silicon Wafer Surfaces

SEMI MF533 — Test Method for Thickness and Thickness Variations of Silicon Wafers

SEMI MF671 — Test Method for Measuring Flat Length on Wafers and Other Electronic Materials

SEMI MF847 — Test Method for Measuring Crystallographic Orientation of Flats on Single Crystal Silicon Wafers by X-ray Techniques

SEMI MF928 — Test Method for Edge Contour of Circular Semiconductor Wafers and Rigid Disk Substrates

SEMI MF1810 — Test Method for Counting Preferentially Etched or Decorated Surface Defects in Silicon Wafer

SEMI MF2074 — Guide for Measuring Diameter of Silicon and Other Semiconductor Wafers

3.2 ASTMスタンダード¹

E 122 — Practice for Choice of Sample Size to Estimate the Average Quality of a Lot or Process

F2358-04 — Standard Guide for Measuring Characteristics of Sapphire Substrates

3.3 その他のスタンダード²

ANSI/ASQC Z1.4-1993 — Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes

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

4 用語

4.1 一般的な定義

4.1.1 裏面 (*back surface*) — 表面の反対側の面。

4.1.2 最良適合面 (*best-fit plane*) — 品質領域だけから得られたデータに基づいて最小二乗回帰法を使用して定められた理論的な面。

4.1.3 表面 (*front surface*) — ユーザによって定義される優先面。

注 1: 表面と裏面に違いがない場合、面は任意に決定することができるので、相互交換可能である。

4.1.4 ロット (*lot*) — これらの仕様の目的については、(a) 公称サイズと公称特性が同じで、単一の出荷に含まれるすべての基板、あるいは (b) サプライヤがロットを構成すると特定した上記 (a) の基板からなる大きな出荷の分割部分。

4.1.5 品質領域 (*quality area*) — パラメータの指定値が適用されない公称エッジ除外によって定義される、ウェーハ表面の中央部分。品質領域が円形ではない場合、品質領域内のすべてのデータを含む最小直径の円として「品質領域を定義する円」を定義しなければならない。

4.1.6 基準面 (*reference plane*) — そこから偏差が測定される面。

4.1.7 拘束状態 (*restrained condition*) — これは例えば、試験対象の基板が、理想的に清浄かつ平坦なチャック上に基板が吸い付けられているように、基板の片面が理想的に平坦な表面に拘束されている状態を言う。

4.1.8 サファイア (*sapphire*) — エピタキシャル化合物半導体デポジションが可能な、明確な方位を有する酸化アルミニウム (Al_2O_3) の単結晶。

4.1.9 基板 (*substrate*) — その上で化合物半導体のエピタキシャル層が成長する、研磨されたサファイアウェーハ。

4.1.10 厚さ (*thickness*) — 基板の表面と裏面の対応する点間の基板を貫通する距離。

注 2: Sori, GBIR, GFLR の項目については SEMI M1, Taper については ASTM (F2358-04) を参照すること。

4.1.11 非拘束状態 (*unrestrained condition*) — これは試験対象の基板が、重力による最小限の変形があるだけの、応力がない状態を言う。

4.2 非拘束パラメータの定義

4.2.1 ソリ (*Sori*) — クランプされていないフリー状態の基板表面の最良適合面より上の最大距離および下の最大距離の和 (図 5 を参照)。

1 ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA. Telephone: 610.832.9585, Fax: 610.832.9555, Website: <http://www.astm.org>.

2 American Society for Quality Control, 611 East Wisconsin Avenue, Milwaukee, WI 53202, USA. Website: <http://www.asqc.org>.

4.3 拘束パラメータの定義³

4.3.1 *Global-Back-Ideal-Range (GBIR)* — 基板の厚さの最大値と最小値の差(図 7 を参照)。

注 3: GBIR は, ASTM (F2358-04) での全厚さバラツキ (TTV: Total Thickness Variation) に等しい。

4.3.2 *Global-Front-Least Squares-Range (GFLR)* — 裏面を拘束して測定された基板表面の最良適合面より上の最大距離および下の最大距離の和(図 8 を参照)。

注 4: GFLR は, ASTM (F2358-04) での表面間変動 (FFD: Front-to-Front Deviation) に等しい。

4.3.3 *Taper* — 基板の表面の最良適合面と裏面の理想的に平坦な裏面がなす角度によって示される基板全体の厚さバラツキの線形成分(図 6 を参照)。

5 発注情報

5.1 これらの仕様に従うサファイア基板の発注書には, 次の項目が記載されていなければならない。

5.1.1 公称直径 (Nominal Diameter) (表 2 を参照)。

5.1.2 結晶成長法 (Crystal growth method)

5.1.3 面方位 (Surface orientation) (図 2, 図 3 および表 2 を参照)

5.1.4 ロット受領手順 (Lot acceptance procedures) (¶9 を参照)

5.1.5 保証 (Certification) (必要な場合は, ¶13 を参照)

5.1.6 梱包およびマーク (Packing and marking) (¶14 を参照)

5.2 ¶5.1 に記載した項目に加え, 次の項目をオプションで指定できる(注 2 を参照)

5.2.1 結晶の完全性 (Crystal perfection)

5.2.2 表面欠陥および汚染物のレベル (Surface defect and contaminated levels)

5.2.3 不純物 (Impurities)

5.2.4 表面の仕上げ品質レベル (Front surface finish quality level) (図 R2-1 ~ R2-4 を参照)

5.2.5 裏面の仕上げ (Back surface finish)

5.2.6 セカンダリフラット (Secondary flat) (図 3 を参照)

5.2.7 平坦度 (Flatness) (表 2 を参照)

5.2.8 エッジ形状 (Edge Profile)

注 5: 結晶成長法 (例, Czochralski 法, EFG リボン) は, 仕上げがおこなわれた基板で確認することは困難である。これらの特性の検証試験手順や保証 (¶13 を参照) については, サプライヤと顧客の間で合意しなければならない。

注 6: ¶5.2 の項目は, 通常はそれ以外の項目より指定されることは少ないが, 評価方法を作成するためのパラメータの完全性を期して記載した。

6 寸法および許容可能な変動

6.1 材料は, 次のパラメータについて表 2 で指定されている寸法および寸法許容誤差に従わなければならない。

6.1.1 直径 (Diameter)

6.1.2 厚さ, 中心点 (Thickness, Center Point)

6.1.3 プライマリフラット長 (Primary Flat Length)

³ 上記のパラメータによって拘束された基板の理論的変動が定義されているが, 拘束状態をシミュレーションする計算を実行して, 測定を拘束されていない状態で実行できる。

6.1.4 セカンダリフラット長 (Secondary Flat Length)

6.1.5 Sori

6.1.6 GBIR:Global-Back-Ideal-Range

6.1.7 GFLR:Global-Front-Least Squares-Range

6.2 基板材料の方位は、[図 12](#) で定義されるフラットシステムによって識別しなければならない。

7 材料および製造法

7.1 材料は、発注書あるいは契約書に指定されているプロセスによって成長させたサファイアから作られたウェーハでなければならない。

8 物理的要求条件

8.1 材料は、表 1 に記載された結晶方位に関する詳細事項に従わなければならない ([図 1](#) を参照)。

8.2 次の項目が含まれる場合は、発注書あるいは契約書に指定されている要求条件に従わなければならない。

8.2.1 結晶の完全性、

8.2.2 表面欠陥および汚染物のレベル (表面欠陥の定義については関連情報 1、表面欠陥の許容可能な推奨レベルについては表 R1-1 を参照すること)。

8.3 不純物の量、

8.4 表面の仕上げ品質レベル (表面の仕上げ品質レベルの推奨値の情報については、関連情報 2 および [図 R2-1](#) ~ [図 R2-4](#) を参照すること)。

8.5 裏面の仕上げ (裏面の仕上げレベルについては、関連情報 2 を参照すること)。

9 試料抽出

9.1 他に規定がない限り、ASTM Practice E 122 を使用しなければならない。そのように規定されたときの適切なサンプルサイズは、ANSI/ASQC Z1.4-1993 に従って各ロットから選択しなければならない。各品質特性は、「critical」、「major」、「minor」という 3 つの分類に対して、ANSI/ASQC Z1.4-1993 の定義に従って AQL (acceptable quality level) または LTPD (lot total percent defective: ロット内不良率) が指定される。検査水準はユーザとサプライヤ間で合意されなければならない。

10 試験方法

10.1 寸法 — 次のように測定する。

10.1.1 直径 — SEMI MF2074 の構成 1 で指定されている位置でサプライヤと顧客の間で合意した方法で決定する。

注 7: サファイア基板は、表面の損傷に非常に敏感である。ウェーハの機械的寸法は、マイクロメータなどのツールやその他の従来の手法で測定できるが、基板はすぐにはわからないような形で物理的な損傷を受ける可能性がある。したがって、測定方法の選択および実行においては、特に注意を払わなければならない。

10.1.2 厚さ, 中心点 — SEMI MF533 に従って基板の中心 ([図 4](#) の点 2) を決定する。

10.1.3 Global-Back-Ideal-Range:GBIR (TTV) — ASTM F2358-04 に従って決定する。

計算: 最大厚さから最少厚さを減算 ([図 7](#) を参照)。

10.1.4 *Taper* — ASTM F2358-04 に従って決定する。

計算:品質領域の直径に、表面の最良適合面と拘束された裏面の間がなす角度の正接(Tan)を乗算する(図 6 を参照)。

10.1.5 *Global-Front-Least Squares-Range :GFLR (FED)* — ASTM F2358-04 に従って決定する。

計算:表面の最良適合面より上の最大距離に表面の最良適合面より下の最大距離を加算する(図 8 を参照)。

10.1.6 *フラット長* — SEMI MF671 に従って決定する。

10.1.7 *Sori* — ASTM F2358-04 に従って決定する。

計算:最良適合面より上の最大距離に最良適合面より下の最大距離を加算する(図 5 を参照)。

10.2 *フラット方位* — SEMI MF847 に従って決定する。

10.3 *面方位* — SEMI MF26 に従って決定する。

10.4 *結晶の完全性* — 指定がない限り, SEMI MF1810 に従って決定する。

10.5 *表面欠陥および汚染* — SEMI MF523 に従って決定する。

10.6 *その他の不純物* — サプライヤと顧客の間で合意した方法で決定する。

10.7 *表面仕上げ* — サプライヤと顧客の間で合意した方法で決定する。

10.8 *裏面仕上げ* — サプライヤと顧客の間で合意した方法で決定する。

10.9 *エッジ形状* — サプライヤと顧客の間で合意した方法で決定する。SEMI MF928 の方法Bは、エッジ形状の方法を評価する非破壊の方法である。この方法を使用する場合、使用するテンプレートは、サプライヤと顧客の間で合意しなければならない。

11 結晶学的表記システム

11.1 サファイア基板には、結晶面を記述する 2 つの指標がある。それらは、構造指標および形態指標である。構造指標は、X線回折測定から得られ、容易に決定できるので、形態指標は使用されなくなった。本スタンダードでは、構造指標のみを使用する。特定の結晶面を曖昧に記述しないように、正しい大文字化(あるいは小文字化)が必要である。

11.2 記号、構造指標、形態指標の間の関係を表 1 に記述する。記号と構造指標を使用したサファイアの結晶構造図を図 1 に示す。

12 フラットシステム

12.1 図 2 と図 3 に、それぞれプライマリフラットとセカンダリフラットのシステムを示す。

12.1.1 *プライマリフラット* — 特定の結晶方位に向いている最も長いフラット。

12.1.2 *セカンダリフラット(オプション)* — プライマリフラットから $90 \pm 2^\circ$ 、時計方向に回転した位置にあるフラット。

13 保証

13.1 契約や発注時に、ユーザの要求があれば、この製品はこの仕様に従って製造され試験されたものであるという製造者またはサプライヤの保証を、試験結果の報告とともに、出荷時に提供しなければならない。

14 梱包およびマーク

14.1 特殊梱包を要求するには、ユーザとサプライヤ間で合意すること。それ以外の場合には、チップ、スクラッチ、汚染を避けるような方法や出荷中における損傷に対して十分な防護が得られるように業界慣例に従った最善の方法で、すべてのウェーハを取扱い、検査し、梱包しなければならない。