

SEMI P47-0307

ラインエッジラフネス(Line Edge Roughness)および ライン幅ラフネス(Line Width Roughness)測定の試験方法

本スタンダードは、global Microlithography Committee で技術的に承認されている。現版は 2006 年 11 月 21 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2007 年 2 月に www.semi.org で、そして 2007 年 3 月に CD-ROM で入手可能となる。

1 目的

1.1 本文書の目的は、微細ラインパターン形成、特に IC 製造の材料およびプロセスを評価するために以下にあげる二種類のライン凹凸指標を計算する際の、標準的な手順を定めることである。第一の指標は実際のラインエッジの位置が理想的な(最もよくフィットする)ラインエッジからどの程度ずれているかに関係し、ラインエッジラフネスと呼ばれるものである。第二の指標は、局所的なライン幅の変動を定義し、ライン幅ラフネスと呼ばれる。

2 範囲

2.1 本文書が規定する範囲は、ラインエッジラフネス・ライン幅ラフネスの計測および値の記録や表示に於けるラインまたはエッジの長さ(評価長)とサンプリング間隔の記載に関する内容に限定されている。ここに記述される手順は、ほかの形状(例えばホールや弧)を作成する場合にも拡張できる。データ取得条件やノイズが正しく考慮されていれば、評価長は観測される最低周波数を、サンプリング間隔は最高周波数を、それぞれ決定する値となる。

2.2 本文書が規定する内容は、CD-SEM、AFM 等の測定結果のように観測されるラインパターンの二次元画像(信号強度)を処理して得られる、視覚的に確認できるラインエッジラフネスまたはライン幅ラフネスを対象に限定する。

2.3 本文書は、二次元画像データから得られる計測量(SEMI P35 ¶ 5.1.9 参照)を取り扱うものである。

注意: 本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 制限

3.1 本文書で述べられる内容は、評価長とサンプリング間隔に限定されており、ラインエッジラフネス、ライン幅ラフネスの測定値に影響を与える他の計測条件(例えば ¶ 13.2)については議論しない。

3.2 本文書での検討内容は(¶ 2.3 で計測量に限定されているが)推定量の計算方法にも適用できる。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダード

SEMI P19 — Specification for Metrology Pattern Cells for Integrated Circuit Manufacture

SEMI P35 — Terminology for Microlithography Metrology

SEMI P36 — Guideline of Magnification Reference for Critical Dimension Measurement Scanning Electron Microscopes (CD-SEMs)

4.2 ISOスタンダード¹

ISO 4287 — 1997, Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters (International Organization for Standardization, Geneva, 1997)

4.3 ASMEスタンダード²

ASME B46.1 — 2002, Surface Texture (American Society of Mechanical Engineers, New York, 2003)

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。

5 用語

5.1 略語および頭字語

5.1.1 *LER* (Line-Edge Roughness, Line Edge Roughness) — ラインエッジラフネス

5.1.2 *LWR* (Linewidth Roughness) — ライン幅ラフネス

5.1.3 *CD* (Critical Dimension) — 限界寸法

5.2 定義

5.2.1 ライン エッジ ラフネス (Line-edge roughness (または line edge roughness)) — フィーチャモデルのエッジからフィーチャモデルのエッジまでの、垂直二点間偏差。[SEMI P35]

5.2.2 ラインワイズラフネス (Linewidth roughness) — 特定線幅フィーチャモデルの幅からの二点間線幅(ライン幅)の偏差。[SEMI P35]

6 本文書と参照スタンダードとの関係

6.1 *LER* — *LER*とはラインエッジ位置のゆらぎである。SEMI P35 に記載されている(本スタンダード¶5.1 にも示されている) *LER*およびラインエッジ位置とは、フィーチャモデルから得られるものであり、すなわち、これらの用語の物理的な意味を表している。一方本文書で記述されているのは、フィーチャの二次元画像から計算されたラインエッジ位置のデータセット(¶9.6 で x_{Li} , x_{Ri} と記されている)である。つまり、画像内の視覚的に確認できる *LER* である。本文書で扱われるところの二次元画像から得られる *LER*とは、いわばSEMI P35 に記載されているフィーチャの *LER*の実際の近似である。

6.2 *LWR* — *LWR*とは局所ライン幅のゆらぎである。ライン幅という用語はSEMI P19 で、フィーチャサイズの評価指標として定義されている。フィーチャモデルから得られたライン幅および *LWR*もやはりSEMI P35 で記述されている(本スタンダード¶5.1 にも示されている)。*LER*の場合同様、本文書における *LWR*はこのSEMI P35 に述べられたフィーチャの *LWR*の実際の近似である。エッジラフネスという用語も画像データから計算される指標としてSEMI P36 で定義されているが、これは本文書の R_{max} に相当するものである。

7 方法の概要

7.1 *LER*あるいは *LWR*を定量化する際には、通常、ある一定の長さの連続的なパターンエッジを不連続なエッジ点の系列として表現する。従って以下の二つが重要なパラメータとなる。第一のパラメータは、計測するラインの評価する長さ、評価長である。第二のパラメータは、ラインに沿って計測される不連続なエッジ点間のサンプリング間隔である。本文書では、ラインエッジラフネスやライン幅ラフネスをこれら二つのパラメータの関数とみなし、*LER*および *LWR*計測の手順を定める。

¹ 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; Website: <http://www.iso.ch>

² American Society of Mechanical Engineers, ASME International, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990; Website: <http://www.asme.org>

8 本試験方法で用いられる装置と試料

8.1 十分な解像度のある顕微鏡あるいは計測装置

8.2 基板上に作られた(例えば線状の)形状のパターンのエッジを有する試料(LERの場合)。あるいは、基板上のラインパターンを有する試料(LWRの場合)。レチクル上のパターンを観察する場合には、得られる結果はレチクルパターンだけのものであり、レチクルパターンを他の基板表面に転写して作成されるパターンには適用できない。

9 手順

9.1 試料の位置設定—ラインパターンが x 方向に垂直になるように試料を設置すること(すなわち、ラインは y 方向と平行になる)。ここで x 方向は、以下のように定義される。走査型顕微鏡を使用する場合は、 x 方向は走査の方向である。そのほかの場合は、画像の水平な辺の方向として定義される(図1参照)。画像の回転角はラインエッジ検出のあとで計算することができ、また、必要であれば較正することが可能である。従ってここでの試料の位置設定は完璧である必要はないが、より正しく試料設定すれば後の較正量が小さくなる。

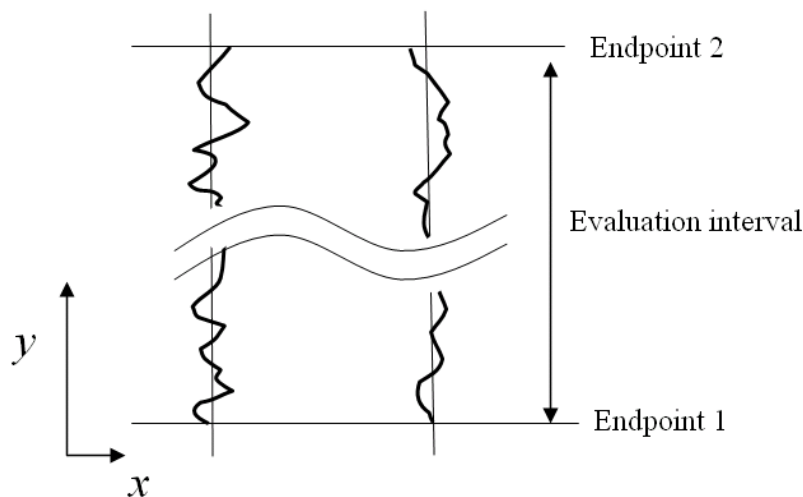


図 1

ラインパターン、軸線、および評価長(実線で示した曲線はパターンのエッジ)

9.2 画像取得 — ¶8.1 に示した顕微鏡あるいは他の適切な装置を用いて、¶8.2 に示したラインパターンに対応する二次元の信号強度分布を取得すること。

9.3 測定領域の定義 — 上述の信号強度分布上で評価する領域の両端点を設定すること(図1参照)。これら二つの端点の間の連続するライン領域は評価インターバルと呼ばれる。この評価インターバルの長さ(評価したい領域の長さ)が評価長であり、本書類では以降 L と表す。評価インターバルは合計で長さが L になるような不連続な小さい領域をつないで構成してはならない。

9.4 エッジ検出が行われる y 座標の決定 — 評価インターバルを y 方向に n 個の大きさの同じ小さなインターバルに分割すること(図2参照)。この n 個の小さいインターバルの、 y 方向に沿った長さ(サンプリング間隔)を Δy とする。これら各インターバルの中心の y 座標は $y_1, y_2, \dots, y_n$ とする。これらはエッジ検出の y 座標(図2参照)と呼ばれる。なお、 n は $L/\Delta y$ に等しい。