

SEMI P23-0200 (Reapproved 1107)

プログラム欠陥マスクおよびマスク欠陥検査システムの感度分析ベンチマーク 手順についてのガイドライン

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 スタンドアードは、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 スタンドア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)。

本スタンドアードは、global Micropatterning Committee で技術的に承認されている。現版は 2007 年 9 月 5 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2007 年 10 月に www.semi.org で。初版は 1993 年発行、前版は 2000 年 2 月に発行された。

NOTICE: This Standard or Safety Guideline has an Inactive Status because the conditions to maintain Current Status have not been met. Inactive Standards or Safety Guidelines are available from SEMI and continue to be valid for use.

1 目的

1.1 本ガイドラインの目的は、マスク欠陥検査装置の感度評価に使用されるテストマスクを提案することである。このテストマスクは、プログラムされたパターン欠陥を含むテストチップとプログラム欠陥を含まないリファレンステストチップで構成される。テストチップはセルの集合であるから、本ガイドラインはテストチップを、セルパターン、セルパターン内のプログラム欠陥、およびセルのレイアウトによって定義する。また、テストマスクを、テストチップの配置定義によって定義する。さらに、このマスクの使用方法についても説明する。マスク欠陥検査装置の感度評価では、これらのテストマスクとベンチマーク手順を使用することが望ましい。

1.2 背景 — これまで多くの装置メーカーとユーザが異なるマスクを使用し、またメーカーと各ユーザが独自に決めた様々な方法で感度を試験していた。共通の測定方法や感度分析法が何も合意されない場合もあった。したがって、メーカー間の装置の感度比較、ユーザとサプライヤ間の仕様の定義、およびユーザ間の仕様の定義に関しては混乱が生じている。さらに、以前のガイドラインを実際の製造において使用したところ、いくつかの不具合が見つかったため、本文書が見直され内容が全面的に変更された。この改訂では、テストマスクの作りやすさが最初に検討され、そしてマスク欠陥検査装置の評価を完全にカバーすることも目標とされた。

2 範囲

2.1 本ガイドラインは、マスク欠陥検査装置の評価に使用されるテストマスクの内容と使用方法について定義する。このテストマスクを欠陥の転写などの評価に使用することも可能であるが、本スタンドアードではこれらのプロセスの定義は試みない。

2.2 本ガイドラインは、欠陥サイジングの効果的な新測定技術が市場で一般的に使用可能になったときに、改訂されるものとする。

注意: このスタンドア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。このスタンドアードの使用者は、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 参照スタンドアードおよび文書

3.1 SEMI スタンドアード

SEMI P1 — Specification for Hard Surface Photomask Substrates

SEMI P22 — Guideline for Photomask Defect Classification and Size Definition

SEMI P33 — Provisional Specification for Developmental 230 mm Square Hard Surface Photomask Substrates

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 定義

4.1.1 フォトマスク技術関係の多くの用語は、SEMI P22 と SEMI P33 に定義されている。

4.1.2 デザインパターン(*design pattern*) — 意図されたデザインデータのパターン。

4.1.3 フォトマスクパターン(*photomask pattern*) — フォトマスク表面上のパターン。

5 マスク (図 1 を参照)

5.1 マスクは、SEMI P1 に従った 5 インチまたは 6 インチのいずれのものでも良い。5 インチと 6 インチの両方とも同じレイアウトになる。

5.2 マスクは「通常」および「ハーフトーン」と呼称される 2 種類に限定される。レベソソおよび OPC タイプは含まれないことに留意すること。

5.3 パターンには、配線とコンタクトホール の 2 種類がある。

5.4 ひとつのマスクには、配線かコンタクトホール のいずれか 1 種類のパターンがある。

5.5 ひとつの欠陥チップがマスクの中央に配置される。

5.6 8 つのリファレンスチップ (欠陥のない) が、マスクを異なる向き (たとえば、0°, 90°, 180°, 270°) で検査装置にセットした場合でも確実に検査できるように、25,000 ミクロン間隔で配置される。

5.7 マスク名称

5.7.1 配線パターンマスクは、「SEMI STANDARD P23-0200-1500W」である。

5.7.2 コンタクトホールパターンマスクは、「SEMI STANDARD P23-0200-1500C」である。

5.7.3 「P23-0200」は、本ガイドラインの登録番号である。

5.7.4 ナノメートルで表わされた「1500」は、フォトマスクパターンのデザインルールである。本ガイドラインの以下の説明は、1,500 nm (1.50 ミクロン) のデザインルールに基づく。

5.7.5 マスク名称は、裸眼で確認できる文字で書き込まなければならず、マスクのメーカーまたはユーザのいずれもが識別できる場所に表示しなければならない。

5.8 4 つの光量調整パターンが、マスクの中心から 12,500 ミクロン間隔で配置される。

5.9 上記に説明したマスクパターンに影響しないような方法でステッパアラインメントマークやその他のパターンを配置することができる。

6 チップ (図 2 の説明図を参照のこと)

6.1 配線パターンのひとつのチップは、17 タイプの欠陥から成り、それぞれに 20 の異なる欠陥サイズがあり合計 340 セルとなる。

6.2 コンタクトホールパターンのひとつのチップは、14 タイプの欠陥から成り、それぞれに 20 の異なる欠陥サイズがあり合計 280 セルとなる。

6.3 欠陥タイプの変化は X 軸に沿って配置する。

6.3.1 チップの左側から右側に向かって、欠陥タイプを英大文字で表示する。

6.3.1.1 配線パターンは A から Q までリストされる。

6.3.1.2 コンタクトホールパターンは A から N までリストされる。

6.4 欠陥サイズの変化は Y 軸に沿って配置する。

6.4.1 欠陥を、0.05 ミクロン～1.00 ミクロンでのサイズ範囲で 0.05 ミクロン毎に上から下に向かって配置する。

注 1: マスクにつけられたすべてのサイズを表示する。

7 セル

7.1 ひとつのセルは 250 ミクロン平方である(図 3 を参照のこと)。

7.2 サブセルは 5×5 (合計 25) で配置する。

7.3 欠陥はセルの中央に配置する(± 5.0 ミクロン)。

7.4 パターンと欠陥の内容によって、セルは 9 つのタイプに分けられる。

7.4.1 配線パターンには 7 つのタイプが使用される(図 4, および図 15 から図 21 を参照のこと)。

7.4.2 コンタクトホールパターンには 2 つのタイプが使用される(図 6 および図 7 を参照のこと)。

8 サブセル

8.1 ひとつのサブセルは 50 ミクロン平方である。

8.2 サブセルの座標 (x1, y1), (x5, y1), (x1, y5), および (x5, y5) に、セルの境界を示すパターンを配置する(図 8～12 を参照のこと)。

8.2.1 図 13 は、これらのパターンを一緒に配置した例を示す。

8.2.2 (x5, y1) に配置したパターンは、パターンから座標を測定できるものにすべきである。

8.3 サブセル座標 (x1, y5) に、欠陥タイプ ID (セル座標) と欠陥タイプのパターンの省略形を配置する(図 8 と 12 を参照のこと)。

8.3.1 欠陥タイプ ID (セル座標) は、欠陥タイプを表す 1 つの英大文字と、欠陥寸法を表す 2 桁の数字として書き込まれる(例: A01)。文字のライン幅は 2.00 ミクロンに設定する(図 14 を参照のこと)。

8.3.2 欠陥の内容を示す省略パターンは、設計のプログラム欠陥の形状および向きと一致した形状と向きを保持しなければならない。

8.4 以下に、デザインルール(マスク上の寸法)に基づくパターン寸法の推奨値を示す:

マスク上の寸法	マスク名称
5.00 ミクロン	5000
3.00 ミクロン	3000
2.50 ミクロン	2500
2.00 ミクロン	2000
1.50 ミクロン	1500
1.00 ミクロン	1000
0.80 ミクロン	800
0.50 ミクロン	500

8.4.1 上記のデザインルールの寸法は推奨値であり、異なるサイズを使用することが可能である。

8.4.2 デザインルールを変更しても、チップの間隙 (25.0 mm) は変更してはならない。

8.5 配線パターンチップに関しては、次の一定のサブセル座標にパターンを配置する: (x2, y1), (x4, y1), (x1, y2), (x2, y2), (x4, y2), (x5, y2), (x1, y4), (x2, y4), (x4, y4), (x5, y4), (x2, y5), (x4, y5)。(図 4 を参照のこと)

8.5.1 一定の配線パターンを使用するサブセル内のパターンは、以下の通りとすること:

サブセル座標	使用されるパターン
(x2, y1)と(x4, y5)	配線タイプ A(図 15)
(x4, y1)と(x2, y5)	配線タイプ B(図 16)
(x1, y4)と(x5, y2)	90°回転した配線タイプ A
(x1, y2)と(x5, y4)	90°回転した配線タイプ B
(x2, y2)	配線タイプ C(図 17)
(x4, y2)	配線タイプ D(図 18)
(x2, y4)	配線タイプ E(図 19)
(x4, y4)	配線タイプ F(図 20)

8.5.2 一定パターンは、50 ミクロン平方のサブセル内に配置される。

8.5.3 配線パターン中の欠陥タイプ ID によって変化するパターンに関しては、同じパターンを境界なしで次のサブセル座標に配置すること (x3, y1), (x3, y2), (x1, y3), (x2, y3), (x3, y3), (x4, y3), (x5, y3), (x3, y4), および(x3, y5)。

8.5.4 欠陥タイプ ID によって、パターン内容は次のように変化する。

欠陥タイプ ID	使用されるパターン
A, B, C, D	配線タイプ A(図 15)
G, H, K, L, Q	配線タイプ C(図 17)
I, J	配線タイプ D(図 18)
E, F	配線タイプ E(図 19)
M, N	配線タイプ F(図 20)
O, P	配線タイプ G(図 21)

8.5.4.1 欠陥がサブセル座標 (x3, y3) の中央に配置されるように、パターン位置を調節する。一定パターンの配置と欠陥挿入パターンがわずかにずれる場合がある。

8.5.4.2 図 5 はタイプ A の配置例である。

8.6 コンタクトホールパターンチップに関しては、コンタクトホールパターンを、(x1, y1), (x5, y1), (x1, y5), および(x5, y5)の座標を除くすべてのサブセルに配置すること(図 6 および図 22 を参照のこと)。

8.6.1 位置ずれ欠陥に関しては、孤立フィールドとして評価するため、コンタクトホールパターンの ID が「M」であるセルのサブセル座標 (x3, y3) の中央にコンタクトホールパターンをひとつだけ配置する(図 7 を参照のこと)。

8.6.2 コンタクトホールパターンのパターン全体を調整して、欠陥がサブセル座標 (x3, y3) の中央に配置されるようにする。

8.7 配線パターンとコンタクトホールパターンの配置は同じスペースをとる。

8.7.1 デザインルール 1.50 ミクロン(マスク上)のパターンの配置に関しては、X 方向に 14.0 ミクロンおよび Y 方向に 7.0 ミクロンのスペースを使用する。

8.7.2 スペースの値は、デザインルールの変化に応じて変化する。

9 欠陥 (図 23 および図 24 の説明図を参照のこと)

9.1 欠陥タイプ

9.1.1 ドット

9.1.2 ホール

9.1.3 エッジ突起

- 0 度

- 45 度
- アークタンジェント(1/2) = 26.565 度

9.1.4 エッジ欠け

- 0 度
- 45 度
- アークタンジェント(1/2) = 26.565 度

9.1.5 コーナー突起

9.1.6 コーナー欠け

9.1.7 オーバーサイズ

9.1.8 アンダーサイズ

9.1.9 伸び

9.1.10 縮み

9.1.11 ずれ

9.1.12 パターン欠落

9.2 欠陥の設計方法

9.2.1 配線パターンとコンタクトホールパターンについて、以下の欠陥を正方形内に設計する。斜めのエッジ欠陥に関しては、正方形内に設計したパターンをその斜角に回転して使用する。(この場合、欠陥の形状が設計データ内で変化することがある)コーナー欠陥に関しては、エッジ長を設計寸法として使用して設計し、また斜めにはしない。

9.2.1.1 ドット

9.2.1.2 ホール

9.2.1.3 エッジ突起

- 0 度
- 45 度
- アークタンジェント(1/2) = 26.565 度

9.2.1.4 エッジ欠け

- 0 度
- 45 度
- アークタンジェント(1/2) = 26.565 度

9.2.1.5 コーナー突起

9.2.1.6 コーナー欠け

9.2.2 以下の欠陥は、Y 方向のパターンサイズのみで変化する。

9.2.2.1 配線パターンのオーバーサイズ

9.2.2.2 配線パターンのアンダーサイズ

9.2.3 以下の欠陥は、X と Y の両方向のパターンサイズで変化する。

9.2.3.1 コンタクトホールパターンのオーバーサイズ

9.2.3.2 コンタクトホールパターンのアンダーサイズ

9.2.4 以下の欠陥は、配線とコンタクトホールパターンの両方で Y 方向のパターン長のみで変化する。

9.2.4.1 伸び

9.2.4.2 縮み

9.2.5 以下の欠陥は、配線パターンとコンタクトホールパターンの両方について、段を形成する目的でのみパターンの右半分を Y 方向に動かす。

9.2.5.1 ID「K」の位置ずれ欠陥

9.2.6 以下の欠陥は、パターン形状と寸法は同じだが、1 つの孤立パターン全体が Y 方向のみに動く。

9.2.6.1 欠陥 ID「L」の配線パターンとコンタクトホールパターンの両方における位置ずれ欠陥。

9.2.6.2 欠陥 ID「M」の、コンタクトホールパターンにおける位置ずれ欠陥。

9.2.7 以下の単一の孤立パターンは、配線パターンとコンタクトホールパターンの両方で完全に消失される。

9.2.7.1 パターン欠落

9.3 プログラム欠陥の製作位置

9.3.1 図の詳細図面に従って作成する。

10 プログラム欠陥サイズ

10.1 SEMI P22 によると、欠陥サイズの定義には主に 2 つの値が使用される。しかし、以下の理由から、この SEMI スタンダード P23 マスクに記載されるプログラム欠陥サイズの表現には、ひとつの値を使用する。

10.1.1 評価に使用される欠陥はすべてプログラム欠陥であり、主に正方形の形状で設計される。

10.1.2 マスク欠陥検査装置の能力を説明するとき、欠陥サイズを 1 つの値で説明することが一般的になった。

10.2 マスク製造における様々な理由（影響）により、すべてのプログラム欠陥をこの設計に記載された形状とサイズで形成できないこともある。

10.3 SEMI スタンダードのマスク欠陥サイズは、以下のように定義される（図 23 と図 24 を参照のこと）。次に使用される値に関しては SEMI P22 に従う（S1, S2, X, Y, a, b, c, d）。

10.3.1 ドットとホール

10.3.1.1 欠陥サイズは S1 または S2（どちらか大きい方）である。

10.3.2 エッジの突起と欠け

10.3.2.1 欠陥サイズは S2 である。

10.3.3 コーナー突起

10.3.3.1 欠陥サイズは、リファレンスパターン SI[リファレンス]と欠陥パターン SI[欠陥]との差である。（ $|SI[リファレンス] - SI[欠陥]|$ ）

10.3.4 コーナー欠け

10.3.4.1 配線パターン

10.3.4.1.1 欠陥サイズは、リファレンスパターン SI[リファレンス]と欠陥パターン SI[欠陥]との差である。（ $|SI[リファレンス] - SI[欠陥]|$ ）

10.3.4.2 コンタクトホールパターン

10.3.4.2.1 10.3.2 のエッジ欠けと同様に、欠陥サイズは S2 である。

10.3.5 オーバーサイズ

10.3.5.1 配線パターン

10.3.5.1.1 サイズは Y 方向にのみ変化するため、欠陥サイズは (d-c) である。

10.3.5.2 コンタクトホールパターン

10.3.5.2.1 「a」および「c」をリファレンスパターンサイズとし、欠陥パターンサイズは (b-a) または (d-c) のどちらか大きい方である。

10.3.6 アンダーサイズ

10.3.6.1 配線パターン

10.3.6.1.1 サイズは Y 方向のみに変化するため、欠陥サイズは (d-c) である。

10.3.6.2 コンタクトホールパターン

10.3.6.2.1 「a」および「c」をリファレンスパターンサイズとし、欠陥サイズは (b-a) または (d-c) のどちらか大きい方である。

10.3.7 伸びと縮み

10.3.7.1 プログラム欠陥ではサイズは Y 方向 (S1) のみに変化するため、欠陥サイズは S1 である。

10.3.8 位置ずれ

10.3.8.1 プログラム欠陥は Y 軸に沿ってのみ動くため、欠陥サイズは Y である。

10.3.9 パターン欠落

10.3.9.1 S1 および S2 をリファレンスパターンサイズとし、欠陥サイズは S1 または S2 のどちらか大きい方である。

11 光量調整パターン

11.1 光量調整パターンは、マスク欠陥検査装置の 4 つのエリアに配置される (図 1 を参照のこと)。

11.2 ガラスパターンは中央に配置される。

11.3 ガラスパターンの周囲に、ラインとスペースパターンがデザインルール (マスク上の寸法) と同じライン幅 (1 に対して 1) で配置される。

11.3.1 500 × 1,250 ミクロンを 1 ブロックとして、左右側面に水平パターンが、上下に垂直パターンが配置される。さらに、左下隅に水平パターンが配置される (図 25 を参照のこと)。

11.4 ガラスパターンとラインおよびスペースパターンの周囲には、少なくとも 6,000 ミクロンの遮光フィルムをつけること。

12 マスク欠陥検査装置の評価におけるテストマスクの使用法

12.1 評価されるマスク欠陥検査装置の検査条件に従って、すべての欠陥セルまたはその一部を検査する。

12.2 少なくとも 20 回の検査を実施する。

12.3 少なくとも 0° のセット方向で検査を実施する。さらに、90°, 180°, および 270° のセット方向に回転させて検査を実施することが望ましい。

12.4 マスク欠陥検査装置の欠陥検査感度を表示するとき、100% であると検出された各タイプの最小欠陥の欠陥寸法を表示する (図 26 と図 27 を参照のこと)。

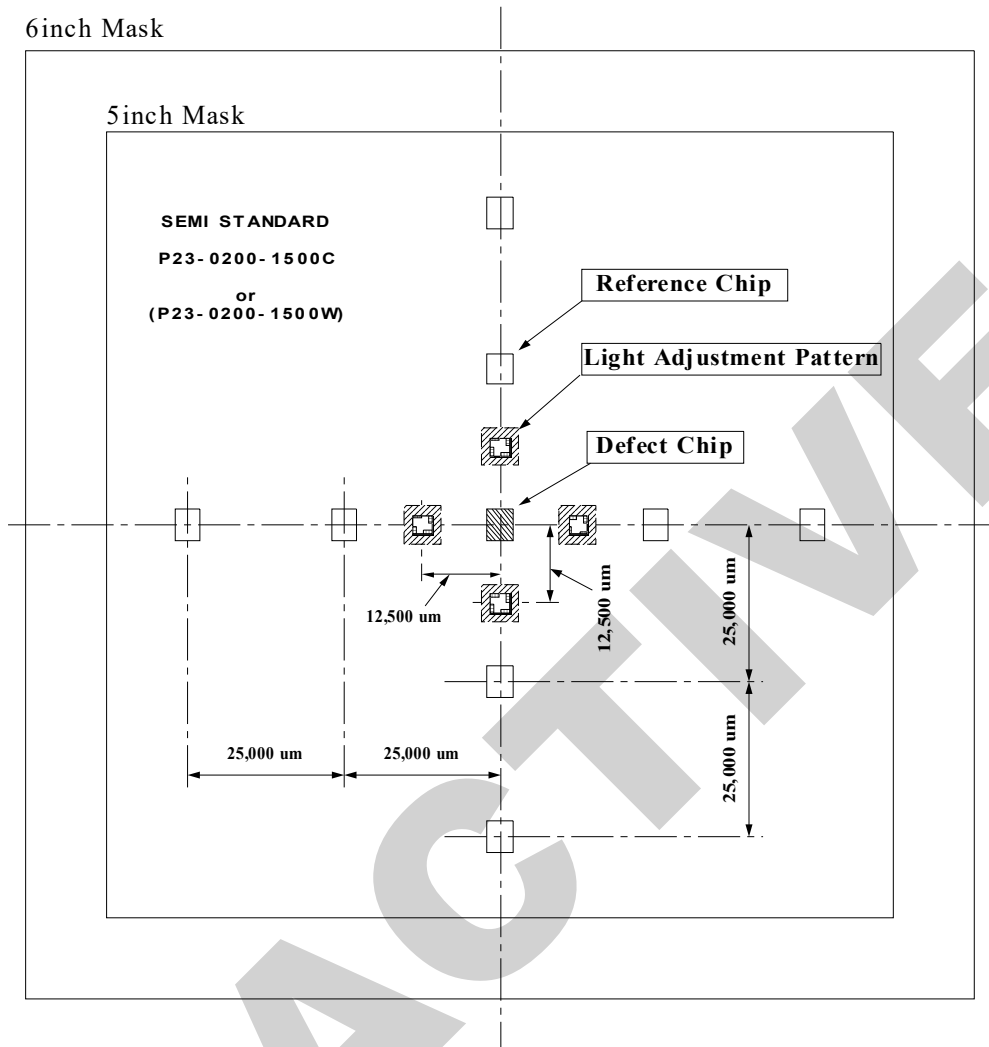


図 1
マスク

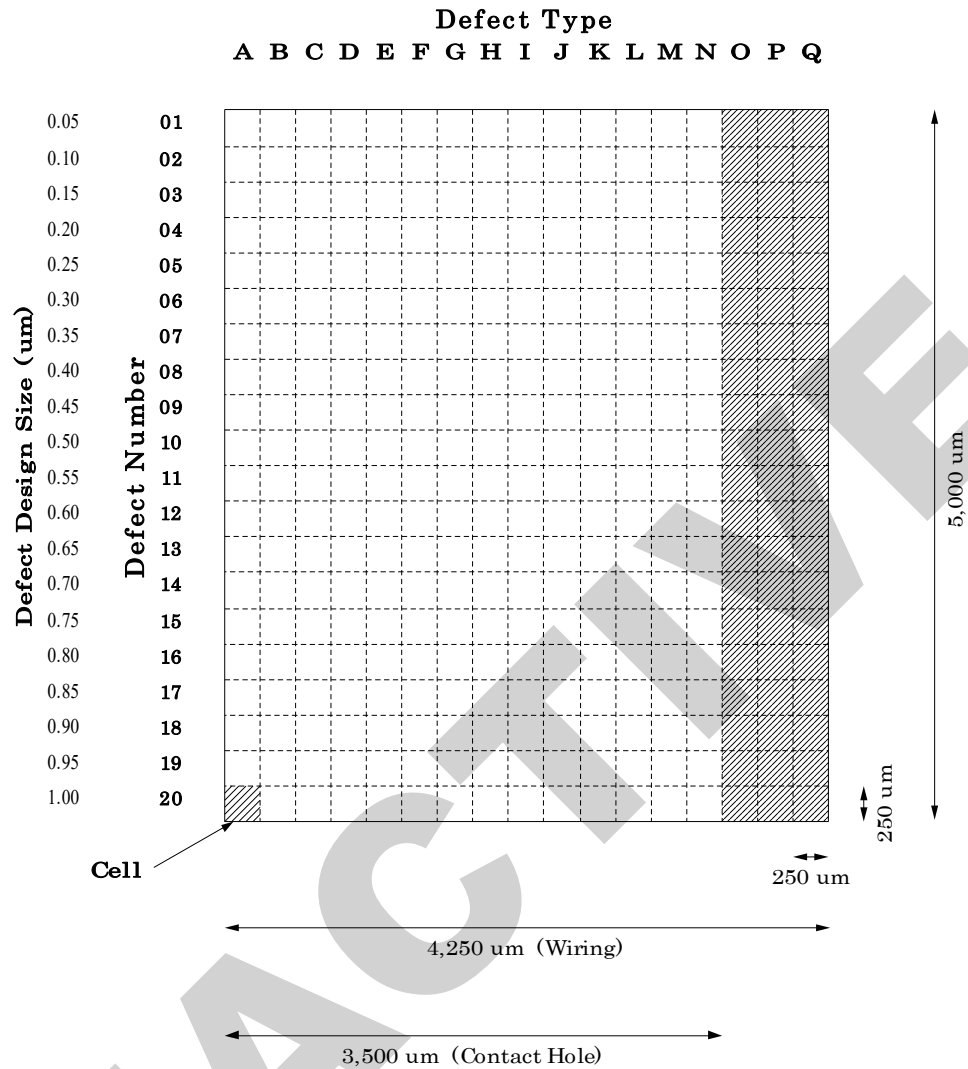


図 2
チップ
配線チップ ; A から Q (#340 セル)
コンタクトホールチップ ; A から N (#280 セル)

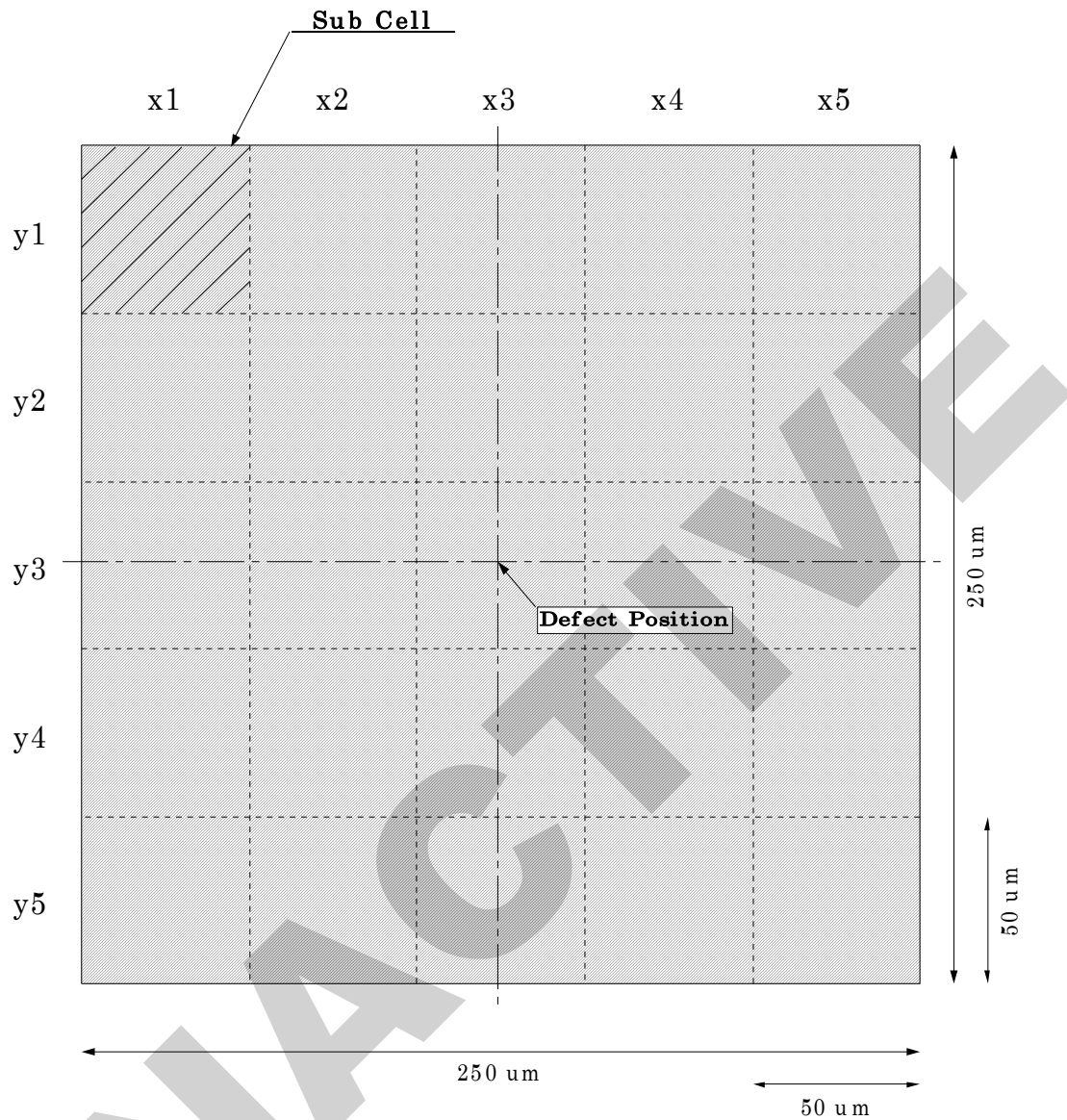


図 3
セル

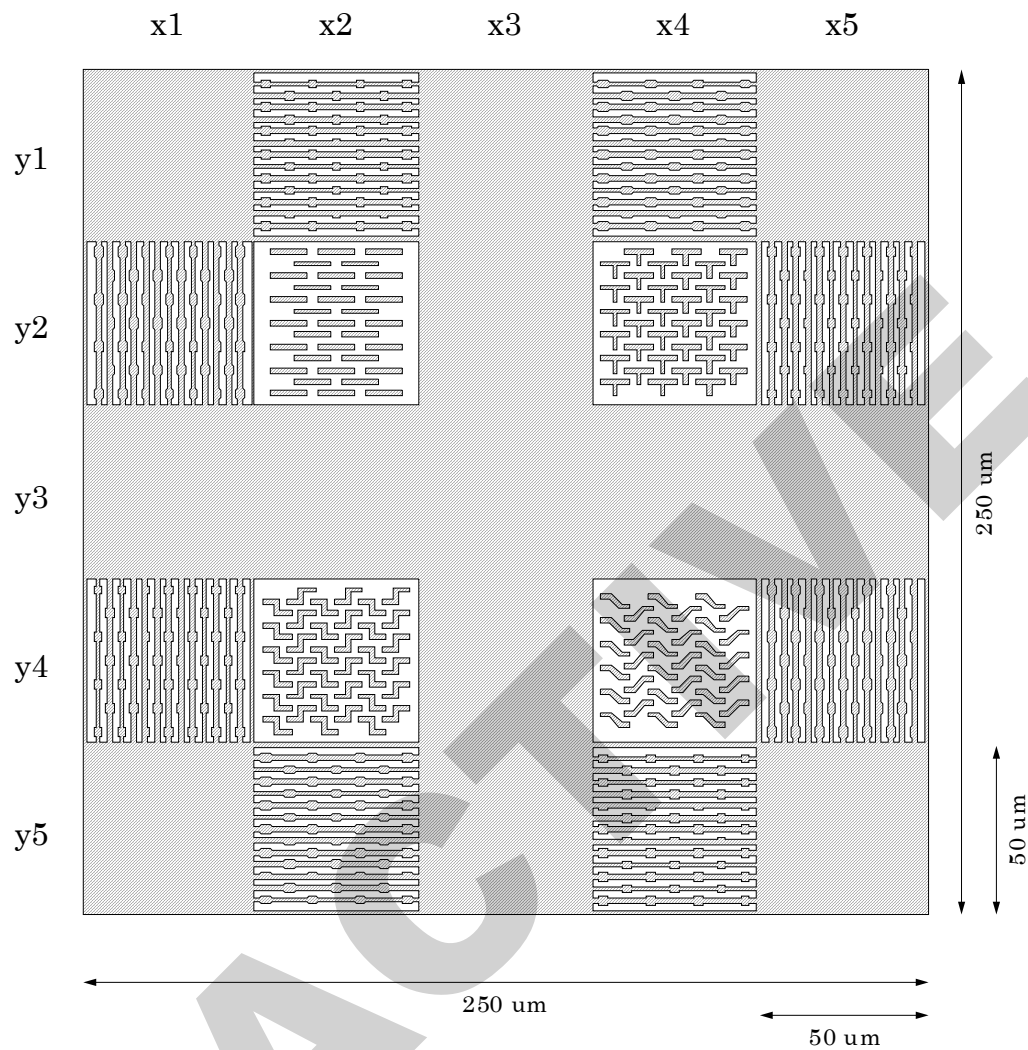


図4
セル
配線スタンダードパターン