

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第2区分
 【発行日】平成19年6月7日(2007.6.7)

【公表番号】特表2004-505433(P2004-505433A)

【公表日】平成16年2月19日(2004.2.19)

【年通号数】公開・登録公報2004-007

【出願番号】特願2001-537527(P2001-537527)

【国際特許分類】

H 01 L 21/00 (2006.01)

H 01 L 21/02 (2006.01)

【F I】

H 01 L 21/00

H 01 L 21/02 Z

【手続補正書】

【提出日】平成19年4月2日(2007.4.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 集積回路の歩留まりを予測する方法であって、

(a) 最終的な集積回路製品に組み込むべき複数の構成を表す複数の構成を有する特徴付けビヒクルを供給し、

(b) 製品レイアウトを供給し、

(c) 前記製品レイアウトの属性を抽出し、その際、

前記特徴付けビヒクルにおける前記構成を、各構成ファミリが前記製品レイアウトの特定の属性に関する実験に対応するそれぞれの構成ファミリに分類し、

各構成ファミリについて、前記製品レイアウトからいずれの属性を抽出すべきかを決定し、

(d) 歩留まりモデルとの関係で前記抽出した属性を用いて、歩留まり予測を生成すること

を含む方法。

【請求項2】 前記構成ファミリは、選択した数の線幅およびスペースにわたって基本的欠陥を調査するためのネスト構造を有する構成のファミリを含むものである、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記構成ファミリは、所定の範囲の線幅およびスペースにわたって歩留まりを調査するためのスネークおよびコーム構造を有する構成のファミリを含むものである、請求項1に記載の方法。

【請求項4】 前記所定の範囲の線幅およびスペースは、比較的小さいスペースに隣接して並ぶ比較的広い線幅と、比較的狭い線幅に隣接して並ぶ比較的大きい線間スペースとを含むものである、請求項3に記載の方法。

【請求項5】 前記構成ファミリは、線密度、線幅およびスペースにわたる臨界寸法変動を調査するためのケルビン臨界寸法構造およびファン・デル・ポー構造を有する構成のファミリを含むものである、請求項1に記載の方法。

【請求項6】 前記構成ファミリは、歩留まりに対する様々な光近接補正方式の効果を調査するためのボーダ構造を有する構成のファミリを含むものである、請求項1に記載の方法。

【請求項 7】 a) 最終的な集積回路製品に組み込むべきフィーチャを表す複数の構成を含む特徴付けビヒクルと、

b) 製品レイアウトと、

c) 抽出エンジンと、

を含む、集積回路の歩留まりを予測するシステムであって、

前記抽出エンジンは、

前記特徴付けビヒクルにおける前記構成を、各構成ファミリが前記製品レイアウトの属性に関する実験に対応するそれぞれの構成ファミリに分類し、

各構成ファミリについて、前記製品レイアウトからいずれの属性を抽出すべきかを決定し、

歩留まりモデルとの関係で前記抽出した属性を用いて、歩留まり予測を生成するよう構成されているものである、

システム。

【請求項 8】 前記特徴付けにおける前記構成は、

a) ケルビン金属臨界寸法構造と、

b) スネーク構造と、

c) コーム構造と、

d) スネークおよびコーム構造と、

e) ネスト欠陥サイズ分布構造と、

f) ファン・デル・ポー構造と、

g) 光近接補正構造と、

h) 走査電子顕微鏡構造と、

からなるファミリの中から選択されるものである、

請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】 前記抽出エンジンは、特徴付けビヒクルを設計するときにも使用されるものである、請求項 7 に記載のシステム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0001】

本発明は、集積回路の製造に関し、特に、製造歩留まりを改善するためのシステムおよび方法に関する。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

過去においては、集積回路の芳しくない歩留まりを引き起こす欠陥の多くは、微粒子の異物または他の不定の（ランダムな）源泉によって引き起こされた。以前にも増して、現代の集積回路工程に見られる欠陥の多くは、プロセス開発またはイールド・ランピング（yield ramping）の初期段階では特に、微粒子または不定の異物を源泉とするのではなく、非常に系統的な（システム的な）源泉に由来している。これらの系統的な欠陥の源泉の例には、積極的なリソグラフィ・ツールを使用することによる転写問題、不十分に形成されたケイ化物によるポリ・ストリンガ、駆動される密度によるゲート長の変動、および光近接効果が含まれる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

製造工程で生成される欠陥のある集積回路の数を削減し、従って歩留まりを向上するように試みるときに、場合によっては数百もの処理ステップのうちの任意の1つまたは複数の処理ステップが、特定の回路の欠陥を引き起こした可能性があるという現実に直面する。このような多数の変数を扱う場合、特定の回路内の欠陥の正確な原因を判定することは非常に難しいことがあり、それによって、歩留まりを低下させるプロセス・オペレーションを識別し、補正することが非常に難しくなる。完成した集積回路の詳細な検査により、どのプロセス・オペレーションが回路の欠陥を引き起こした可能性があるかについてある徵候が得られることがある。しかし、検査装置はしばしば系統的な欠陥の源泉の多くを捕捉せず、かつ／またはツールは、効果的かつ確実に同調し、最適化し、または使用することが難しいことがある。さらに、特に最近の技術における検査装置は、しばしば多くの偽りの警報または妨害（厄介な）欠陥に悩まされ、周知であるように、それらにより本当の欠陥または欠陥の源泉を確実に観測するためのどんな試行も妨害される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

特定の問題を製造サイクルの完了後の最終テストで識別した後に、特定のプロセス・オペレーションでの問題が、数週間または数ヶ月早い（前である）こともある、オペレーションが実施された時間に存在していたということが確認される可能性があることが一般に分かっている。従って、問題がそのずっと後になって補正される可能性がある。この時点では、異なる様々なプロセス・オペレーションにより、問題が引き起こされる可能性がある。従って、その後では、欠陥のある集積回路の事実分析、およびこれらの欠陥のある製品を引き起こすプロセス・オペレーションの識別は、集積回路の全体的歩留まりを改善するための手段としては非常に限られたものとなる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

次に図1を参照すると、本発明に従って集積回路歩留まりを予測するために、システム10と総称するシステムによって実行されるステップを示すブロック図が示されている。システム10は、少なくとも1つのタイプの特徴付けビヒクル12を利用する。特徴付けビヒクル12は、最終的製品に組み込むべき少なくとも1つのタイプのフィーチャを表す、少なくとも1つの特定のフィーチャを組み込む集積回路構造を構築するのに必要な情報を含むソフトウェアの形態であることが好ましい。例えば、特徴付けビヒクル12は、考慮中のプロセス・フロー（process flow）の金属相互接続モジュールのヘルスおよび製造性を検出するための単一リソグラフィック層のショート・フロー（short flow）・テスト・ビヒクルを定義することができる。この構造は、製造中に製品に影響を与える可能性の高い様々な欠陥（不具合）の取り込みまたはフィンガープリント（fingerprint）の信頼性を高めることができるように十分大きくする必要があり、かつ製造工程で動作する実際の製品または製品のタイプと同じくらいである必要がある。ショート・フローおよびショート・フローで実施される構造のより具体的な例および説明を以下で説明する。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

ショート・フローは、集積回路製造サイクル中のプロセス・ステップの合計数の特定のサブセットを包含するものとして定義される。例えば、合計製造サイクルは450またはそれ以上のプロセス・ステップを含むことができるが、单一相互接続層の製造性(manufacturability: 製造性能)を調査するために設計されるような特徴付けビヒクルは、少ない数、例えば10~25プロセス・ステップだけが含まれることになる。能動デバイスおよび複数の相互接続層は、歩留まりモデルを得るために、またはプロセス・フロー中の単一相互接続層に関連するこれらのステップに影響を与える欠陥の正確な診断を可能にするためには必要ではないからである。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

抽出エンジン(抽出装置)18は、提案される製品レイアウト20からレイアウト属性を抽出し、この情報を歩留まりモデル16に接続して(plug:埋め込んで)製品歩留まり予測22を得るためのツールである。このようなレイアウト属性は、例えばバイア冗長度(via redundancy)、臨界エリア、正味長さ分布、および線幅/スペース分布を含むことができる。次いで、提案される製品レイアウト20からのレイアウト属性と、特徴付けビヒクル12からの情報に基づいて作製(製造)された歩留まりモデル16からのデータが与えられた場合、製品歩留まり22が予測される。本発明のシステムおよび方法を使用して、得ることのできる予測可能な製品歩留まりは、定義された各属性、機能ブロックまたは層と関連する歩留まりとすることができます、あるいは製品レイアウト全体に関して結果として得られる歩留まり予測とすることができます。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

次に図2を参照すると、抽出エンジン28によって製品レイアウト20から設計属性26を抽出するための、フィードバック・ループ24と総称するフィードバック・ループを追加で備える、本発明による集積回路歩留まり10を予測するためのシステムのブロック図が示されている。本発明のこの特徴によれば、特徴付けビヒクル12は、製品レイアウト20の属性を使用して開発される。この場合、製品レイアウトの属性が抽出され、属性の範囲が特徴付けビヒクル12中に確実に含まれるようにされる。例えば製品レイアウトが解析されて、線スペース分布、幅分布、密度分布、アイランド・パターンの数が決定され、実質上、製造工程の設計規則のセット全体のサブセットが開発される。このサブセットは、考慮中の特定の製品レイアウトに応用可能である。パターンに関しては、製品レイアウト分析により、最も共通するパターンが決定され、2番目に共通するパターンが決定され、以下同様である。これらは、抽出エンジン28によって抽出され、特徴付けビヒクル12中に含めるために、これらのパターンの全てを包含する設計属性26が生み出される。密度に関しては、製品レイアウトの分析により、最初の金属の密度が10%~50%であることが明らかとなった場合、特徴付けビヒクルは、最初の金属について10%~50%の範囲全体を含むことになる。

【手続補正10】**【補正対象書類名】**明細書**【補正対象項目名】**0019**【補正方法】**変更**【補正の内容】****【0019】**

1つのタイプの特徴付けビヒクルは、金属ショート・フロー特徴付けビヒクルである。金属ショート・フロー特徴付けビヒクルの目的は、単一相互接続層の転写性および製造性を定量化することである。高い製品歩留まりのために重要な金属歩留まりは、しばしば得ることが非常に難しく、かつ、いくつかの独立な処理ステップだけからなるので、通常、金属ショート・フローはプロセスの非常に初期に実行される。金属ショート・フロー・マスクを使用するショート・フロー実験を実施することにより、迅速かつ連続的に実験および分析を実施することが可能となり、完全なフロー・ランが完了するまで待機する必要なく検出される、どんな系統的歩留まり問題または不定の欠陥歩留まり問題もなくなり、または最小となる。

【手続補正11】**【補正対象書類名】**明細書**【補正対象項目名】**0020**【補正方法】**変更**【補正の内容】****【0020】**

図3を参照すると、一般的に30で示された単一のリソグラフィック層からなる通常の金属ショート・フロー・マスクの例の画像が示されている。マスク30はチップ上の単一の金属層を画定するために使用され、図3に示す例示のチップ32はこの例では約22m \times 22mのサイズでありステッパが収容できる大きさである。このチップは図4に示す4つの象限42、4、46および48に分割され、前記各象限は以下の6つの基本構造の1つまたはそれ以上を含む。即ち、(i)ケルビン金属臨界寸法構造(Kelvin metal critical dimension structure)、(ii)スネークおよびコーム構造(snake and comb structure)、(iii)ネスト欠陥サイズ分布構造(nest defect size distribution structure)、(iv)ファン・デル・ポー構造(Van der Pauw structure)、(v)OPC評価構造(OPC evaluation structure)、(vi)古典的走査型電子顕微鏡(SEM)構造(classical scanning electron microscopy(SEM)structure)である。

【手続補正12】**【補正対象書類名】**明細書**【補正対象項目名】**0021**【補正方法】**変更**【補正の内容】****【0021】**

チップ・エリアの約50%が欠陥サイズ分布の抽出のためのネスト構造に使用され、チップ・エリアの40%が系統的な歩留まり損失機構の検出とパラメータ変動の測定に使用されている。図3はまたチップ上のパッド・フレーム34のロケーションを示す。本明細書に記載する実施形態では、図5に示すように、チップ上に131個のパッド・フレームがあり、各パッド・フレーム34は32個のパッドを含む。各パッド・フレーム34内のパッドは後述する試験プログラムの必要に応じて外部試験装置が接触する電気接続点を提供する。

【手続補正13】**【補正対象書類名】**明細書**【補正対象項目名】**0022**【補正方法】**変更**【補正の内容】**

【0022】

このチップで使用するファン・デル・ポー(試験)構造82(図8参照)は構造の対称性を利用してシート抵抗を直接測定する4端子の正方形構造である。シート抵抗の高精度の判定は線幅変動の測定の要件である。ファン・デル・ポー構造82は2つの異なるフレーム・タイプ、即ち、混載フレーム62(図6A参照)とVDP1-64(図6B参照)とに配置されている。図7は本明細書に記載する例示の金属ショート・フロー・チップ内のファン・デル・ポー構造を含むパッド・フレーム72のロケーションを示す。この例示のチップ内では、ファン・デル・ポー構造はチップ面積の1%未満しか占有しない。ファン・デル・ポー構造内では、線幅(LW)とLWタップ(図8参照)とは変動するパラメータである。テーブル1は本明細書に記載する例示の金属ショート・フロー・チップ内のファン・デル・ポー構造の変動を示す。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0024】

ネスト欠陥サイズ分布構造はオープンおよびショート検出と欠陥サイズ分布抽出用に設計された入れ子式(ネスト状)の連続的な線のアレイである。線幅と線間距離(スペース)は欠陥サイズ分布の検出を容易にするために変動するパラメータである。本明細書に記載する実施形態では、これらの構造は図9に示すロケーション92および94でチップ面積の50%を占め、総計10個のセル96内に14の変種を有する。これらの構造が占有できるエリアの量は1ウェハについて $0.25\text{ 個}/\text{cm}^2$ 以内の欠陥を高精度に検出できる大きさがなくてはならない。変種の数は通常、設計規則(DR)、DRよりやや下、DRよりやや上、DRよりほぼ上を含む。従って、例えば、DRが線間距離で $10\mu\text{m}$ の場合、プロットはテーブル2に示すように0.9、1.1、1.3および2.5についてである。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0027】

ケルビン金属臨界寸法(CD)構造は各端部で成端される連続的な直線からなる。これらの構造はファン・デル・ポー構造から決定されるシート抵抗に関連してケルビン線幅の決定が可能な高精度の線抵抗測定を可能にする。これらの構造は第1に電気的臨界寸法の変動を決定するために設計されている。一般的に110で示す例示のケルビン臨界寸法構造を図11に示す。電気的臨界寸法変動可能性への光近接効果のインパクトを研究するため、ローカル近隣構造が変動する。ローカル近隣で変動するパラメータは線の番号112、線幅114、線間距離116である。ケルビン構造周辺の大域環境118も変動してまず電気的臨界寸法へのエッティング関連効果が研究される(図11参照)。大域近隣(global neighborhood)で変動するパラメータは集積度とエリアである。大域近隣構造は他の電気的測定のニーズにも応えることができる。例えば、これらの構造の歩留まりを測定して環境に応じた金属臨界寸法だけでなく環境の関数としての歩留まりが得られる。図12は本明細書に記載する金属ショート・フロー・チップ内のケルビン構造のロケーションを示す。これらのロケーションは使用可能なエリアを占有するように選択されている。テーブル3~9は本明細書に記載する金属ショート・フロー・チップ内のケルビン構造の変動を説明する。これらの値は図22(a)~22(b)で識別したスペースを占有するように選択されている。例えば、パターン集積度は45%付近に集中し、線幅と線間距離は1.0~3.3μmの範囲内にある。これは例示の製品レイアウトの大半で集中する数字で

あるからである。

【手続補正 1 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 8】

【表 3】

テーブル 3 (TABLE III)			
線幅	距離	ローカル線数	固定パラメータ
Line Width (μm)	Spacing (μm)	Number of Local Lines	Fixed Parameters
0.75	0.75	6	Local line width = 1 μm
0.9	0.9	ローカル線幅	Density = 45%
1μm (DR)	1.0 (DR)	密度	Line width of comb = 1.3 μm
1.1	1.1	コームの線幅	Dx ^{最大} max = 400 (μm)
1.3	1.3		Dy ^{最大} max = 400 (μm)
2.5	2.5		
3.3	3.0		
10	3.3		
	10		
	50		

【手続補正 1 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 9】

【表 4】

テーブル 4 (TABLE IV)			
線幅	距離比	ローカル線数	固定パラメータ
Line Width (μm)	Space ratio	Number of Local Lines	Fixed Parameters
0.75	2 to 1	6	Local line width = 1 μm
0.9	3 to 1	2	Density = 45%
1 (DR)		ローカル線幅	Line width of comb = 1.3 μm
1.1		密度	Dx ^{最大} max = 400 (μm)
1.3		コームの線幅	Dy ^{最大} max = 400 (μm)
2.5			
3.3			
10			

【手続補正 1 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0030】

【表5】

テーブル5 (TABLE V)				
線幅	ローカル線数	ローカル線幅	距離	
Line Width (μm)	Number of Local lines	Local Line Width (μm)	Spacing (μm)	固定パラメータ Fixed Parameters
0.75	1	1 (DR)	1 (DR)	Density = 0.45
0.9	2	1.3	1.3	Line width of comb = 1.3 μm
1 (DR)	4		密度	Dx _{max} = 400 (μm)
1.1			コームの線幅	Dy _{max} = 400 (μm)
1.3				
2.5				
3.3				
10				

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0031】

【表6】

テーブル6 (TABLE VI)					
線幅	距離	ローカル線数	密度	LW _{comb} コーム (μm)	Fixed Parameters 固定パラメータ
Line Width (μm)	Spacing (μm)	Number of local lines	Density 密度		
1.0 (DR)	1.0(DR)	6	0	1.3	Dx _{max} = 400 (μm)
1.3	1.3	2	0.2	10	Dy _{max} = 400 (μm)
			0.40		
			0.45		
			0.50		

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0032】

【表7】

線幅 Distance	距離 Spacing (μm)	ローカル線幅 Line width local (μm)	固定パラメータ Fixed Parameters
0.9	1.0 (DR)	10	Number of local lines 2
1.0 (DR)	1.1	30	Density 0.45
1.1	1.3	100	Line width comb 1.3
1.3	2.5	ローカル線数 Dx ^{最大} = 400 (μm)	
2.5	3.3	密度 Dy ^{最大} = 400 (μm)	
3.3	10	コームの線幅	
10			

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

【表8】

線幅 Distance	距離 Spacing (μm)	固定パラメータ Fixed Parameters	
1.0 (DR)	1.0 (DR)	Number of local lines 6	ローカル線数 6
1.1	1.1	Density - 0.45	密度 -0.45
1.3	1.3	Line width comb 1.3	コームの線幅 1.3
2.5	2.5	^{最大} Dx_max = 400(μm)	
10	3.0	^{最大} Dy_max = 400(μm)	
	5.3	Line width local 1.3	ローカル線幅 1.3

【手続補正22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0034】

【表9】

線幅		距離		ローカル密度	最大	固定パラメータ	コメント
Line Width (μm)	Spacing (μm)	Local density	Dx_max			Fixed Parameters	Comments
0.75					最大	Number of local lines 0 ローカル線数 Density 0 密度 Line width comb 0 コーム線幅 Line width local 0 ローカル線幅 $Dx_{max} = 400(\mu\text{m})$	Isolated Kelvins 隔離ケルビン
0.9							
1.0 (DR)							
1.1							
1.3							
2.5							
3.3							
10							
	10	2.5					
	20	3.5					
	30	4.5			線幅 $Line width = 1.0 (\mu\text{m})$ Local line width = 1.0 (μm) ローカル線幅 Number of local lines 2 ローカル線数 Density 0.45 密度 Comb line width 1.3 コーム線幅 $Dx_{max} = 400(\mu\text{m})$ 最大 $Dy_{max} = 400 (\mu\text{m})$ 最大	Local neighborhood ローカル size 近隣 サイズ	
	40	5.5					
	50	6.5					
	60	7.5					
	70	8.5					
	80	9.5					
			25				
			50				
			100		線幅 $Line width 1.0$ ローカル線幅 $Space_{1.0}$ 距離 Number of local lines 6 ローカル線数 Density 0.45 密度 Line width comb 1.3 コーム線幅 $Dy_{max} 400 (\mu\text{m})$	Global neighborhood size 大域 近隣 サイズ 固定 パラメータ	
			150				
			200				
			250				
線幅	距離	N_ローカル	300				
Line Width	Spacing	N_local	Dx_max				
1.0 (DR)	1.0 (DR)	6	最大	最大 Fixed Parameters D_local 5 D_ローカル Line width comb 1.3 コーム線幅 0.45	Comments コメント Standards 標準		
1.3	1.3	6					
1.0	40	2					
1.3	40	2					

【手続補正23】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0035】

スネーク、コームおよびスネーク & コーム構造は主として各種パターンについてショートおよびオープンを検出するために設計されている。スネークは主としてオープンの検出に使用され、抵抗値の変動のモニタにも使用できる。コームはショートの検出に使用される。ショートおよびオープンは基本的な歩留まり損失機構であり、両方とも最小限にして高い製品歩留まりを得る必要がある。図13は本明細書に記載する金属ショート・フロー・チップ内のスネークおよびコーム1302のロケーションを示す。象限1 1304も例えば図14に示すケルビン構造内に入れ子(ネスト状)になっているスネーク1402およびコーム1404を含む。図14に示す線幅(LW)および線間距離(S)はショート

トおよびオープンに与えるインパクトを研究するためのこれらの構造上で変動するパラメータである。テーブル 10 ~ 13 は本明細書に記載する金属ショート・フロー・チップ内で使用されるスネークおよびコーム構造の変動を説明する。さらに、各パラメータは線幅、線間距離および密度が占めるスペースが図 22 (a) ~ 22 (c) に示す例示の製品レイアウトのそれと同様になるように選択されている。

【手続補正 24】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

ボーダおよびフリンジ構造はショートに与える光近接補正 (OPC) 構造のインパクトを研究するために設計されている。これらの光近接補正は普通バイア歩留まりを向上させるために追加される。但し、これらのボーダがあるまたはない金属ショート歩留まりを検査する必要があり、それによってショート歩留まりへの悪影響はないという確証が得られる。ボーダ 1502 は、図 15 に示すように、両方共一般的に 1504 で示すコーム構造内のコーム線端部に配置される。図 16 は本明細書に記載する金属ショート・フロー・チップ内的一般的に 1602 で示すボーダ構造のロケーションを示す。

【手続補正 25】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

図 3 ~ 17 と付隨する説明で、金属歩留まりの向上のための例示の特徴付けビヒクルについて説明した。バイア、デバイス、ケイ化物、ポリ他のその他の特徴付けビヒクルが指定され使用されることが多い。但し、それらを設計する手順と技法は同じである。図を見やすくするために、例示の金属特徴付けビヒクルは抽出エンジンおよび歩留まりモデル上で実現される。

【手続補正 26】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0043】

抽出エンジン 18 は 2 つの主要な目的を有する。即ち、(1) 特徴付けビヒクルを設計する際に使用するレベル (例えば、線幅、線間距離、密度) の範囲を決定するのに用いる。(2) その後歩留まりモデル内で使用されて歩留まりを予測するための製品レイアウトの属性を抽出するために用いる。(1) は、特徴付けビヒクルの例でスネーク、コームおよびケルビン構造の線幅、線間距離および密度の選択方法に関してすでに述べた。従って、以下に主として (2) に関して説明する。

【手続補正 27】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0044】

製品レイアウトから抽出できる属性の数はほぼ無限であるため、製品ごとに全ての属性を列挙または抽出することは不可能である。従って、どの属性を抽出するかを案内するための手順が必要である。普通、特徴付けビヒクルはどの属性を抽出するか決定する。この

プロセスは以下のステップを含む。

- 1 . 特徴付けビヒクル内の全ての構造を列挙する。
- 2 . 各構造をグループまたはファミリに分類してファミリ内の全ての構造が特定の属性についての実験を形成するようとする。例えば、上記の金属特徴付けビヒクルでは、ファミリ分類表は以下のようになる。

表

ファミリ	探索する属性
ネスト構造	2 、 3 の線幅および線間距離での基本欠陥度
スネークおよびコード	小さい線間距離に隣接する極めて大きい線幅と 小さい線幅に隣接する極めて大きい線間距離と を含む広範囲の線幅と線間距離での歩留まり
ケルビン - C D + ファン・デル・ポー構造	密度、線幅および線間距離での C D の変動
ボーダ構造	歩留まりに対する異なる O P C スキームの影響

【手続補正 2 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 5】

3 . ファミリごとに、製品レイアウトからどの属性を抽出するか決定する。選択する属性はどの属性を探索するかという点から決定される。例えば、特定のファミリが異なる範囲の線間距離の歩留まりを探索する場合、線間距離または線間距離ごとのショート可能エリアのヒストグラムを抽出しなければならない。上記の例では、必要な属性リストは以下のようになる。

表

ファミリ	探索する属性	製品レイアウトから抽出する属性
(A) ネスト構造	2 、 3 の線幅および線間 距離での基本欠陥度	臨界エリア曲線
(B) スネーク およびコード	. . . を含む広範囲の 線幅と線間距離での歩留まり	特徴付けビヒクル内で探索した線幅 及び線間距離毎のショート可能 エリア及び / 又はインスタンス数
(C) ケルビン - C D + ファン・ デル・ポー構造	密度、線幅および線 間距離での C D の変動	パターン密度、線幅および 線間距離のヒストグラム (図 2 2 の例と同様)
(D) ボーダ構造	歩留まりに対する異なる O P C スキームの影響	製品レイアウトについて使用する ため選択された O P C スキーム毎 のショート可能エリア又は インスタンス数

【手続補正 2 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0048】

前述したように、歩留まりモデル16は好ましくは特徴付けビヒクル12によって画定されたレチクル(網線)セットを用いる選択された製造プロセスを経たウェハの少なくとも一部から測定されたデータから構成される。好ましい実施形態では、歩留まりは、次式の不定および系統的な構成要素からなる製品としてモデル化される。

【数1】

$$Y = \left(\prod_{i=1}^n Y_{S_i} \right) \left(\prod_{j=1}^m Y_{R_j} \right)$$

【手続補正30】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0052】

上式で、qは線幅、線間距離、長さ、線幅/線間距離の比、密度などの特徴付けビヒクル内で探索する設計係数である。Yo(q)は特徴付けビヒクルからの設計係数qを備えた構造の歩留まりである。Ao(q)はこの構造のショート可能エリア、A(q)は製品レイアウト上のタイプqの全てのインスタンスのショート可能エリアである。Yr(q)は不定欠陥が歩留まり損失機構のみであろうと仮定した場合のこの構造の予測歩留まりである。この量を計算する手順を不定歩留まりモデル化に関連して以下に説明する。

【手続補正31】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0057】

上式で、Yo(q)およびYr(q)はエリア・ベースの歩留まりモデルと厳密に同じである。Ni(q)は単位格子(セル)パターンまたは特徴付けビヒクル上の試験パターンに酷似した単位格子パターンが製品レイアウト上に出現する回数である。No(q)は単位格子パターンが特徴付けビヒクル上に出現する回数である。

【手続補正32】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0061】

上式で、CA(x)は欠陥サイズxの臨界エリア、DSD(x)は欠陥サイズ分布である。これは、“Modeling of Lithography Related Yield Losses for CAD of VSLI Circuits”、W. Maly、IEEE Trans. on CAD、1985年7月、pp161～177にも記載されている。ここで、この文献全体を参照して組み込む。Xoは確信を持って観察または測定できる最小欠陥サイズである。これは普通、最小線間距離設計規則に設定される。臨界エリアは、サイズxの欠陥が存在する場合にショートが発生するエリアである。極めて小さいxの場合、臨界エリアは0付近であるが、極めて大きい欠陥サイズはチップの全エリアに近づく臨界エリアを有する。臨界エリアと抽出技法の別の説明は、P. K. Nagおよ

び W. Maly "Yield Estimation of VLSI Circuits" Techcon 90、1990年10月16～18日；San Jose、P. K. NagおよびW. Maly "Hierarchical Extraction of Critical Area for Shorts in Very Large ICs" Proceedings of the IEEE International Workshop on Detect and Fault Tolerance in VLSI Systems、IEEE Computer Society Press 1995年、pp. 10～18；I. Bubel, W. Maly, T. Waas, P. K. Nag, H. M. Hartmann, D. Schmitt-LandsiedelおよびS. Griepの "AFFCCA: A tool for Critical Area Analysis with Circular Defects and Lithography Deformed Layout" Proceedings of the IEEE International Workshop on Detect and Fault Tolerance in VLSI Systems、IEEE Computer Society Press 1995年、pp. 19～27；C. OuyangおよびW. Malyの "Efficient Extraction of Critical Area in Large VLSI ICs" Proc. IEEE International Symposium on Semiconductor manufacturing、1996年、pp. 301～304；C. Ouyang, W. PleskazおよびW. Maly "Extraction of Critical Area for opens in Large VLSI Circuits" Proc. IEEE International Workshop on Detect and Fault Tolerance of VLSI Systems、1996年、pp. 21～29に記載されている。ここで、これらの文献全体を参照して組み込む。

【手続補正33】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0062

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0062】

欠陥サイズ分布はサイズが x の欠陥の欠陥密度を表す。欠陥サイズ分布のための提案されているモデルは多数ある（例えば、W. Maly "Yield Models-Comparative Study"、Defect and Fault Tolerance in VLSI Systems、Ed. by C. Stapper他、Plenum Press, New York、1990年；C. H. Stapper "Modeling of Integrated Circuit Defect Sensitivities" IBM J. Res. Develop., Vol. 27, No. 6、1983年11月を参照。ここで、これらの文献全体を参照して組み込む。）。但し、図を見やすくするために、最も一般的な分布式

【数6】

$$DSD(x) = \frac{D_o \times k}{x^p}$$

が使用される。上式で、 D_o は観察された x_o より大きい欠陥総数 / cm^2 を表す。 P は欠陥のサイズが減衰する速度を表す単位がない値である。通常、 p は 2～4 の間の数である。K は正規化係数である。従って、

【数7】

$$\int_{x_o}^{\infty} \frac{k}{x^p} dx = 1$$

となる。

【手続補正34】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0064

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0064】

ネスト構造技法

ネスト構造は欠陥サイズ分布を抽出するために設計されている。図20に示すように、ネスト構造は線幅がw、線間距離がsのN本の線で構成されている。この構造は線1と2、2と3、3と4、...、およびN-1とNの間のショート電流を測定することで測定される。所与の仕様書の制限値を超える電流は全てショートと見なされる。さらに、オープンは線1、2、3、...N-1、Nの抵抗値を測定することで試験できる。一定の仕様書の制限値を超える抵抗は全てオープン線と見なされる。いくつの線をショートさせるかを検証することで、欠陥サイズ分布を決定できる。

【手続補正35】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0067

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0067】

前記間隔は重なることに留意すべきである。従って、欠陥サイズ分布は直接計算できない。この制約はpの抽出を制限するのみである。従って、pを推定するために、全ての偶数番号の線、次に全ての奇数番号の線についてその分布からPの予想値が計算される。最後に、2つの値を平均してpを推定する。pを抽出するため、 l_n (ショートしたx本の線での欠陥数) 対 $l_o g ([x-1]s + [x-2]w)$ がプロットされる。この線の勾配は -p であることが分かる。Do項は線の各グループで欠陥数をカウントし構造のエリアで割ることで抽出される。但し、極めて大きいDoの場合、この推定は楽観的すぎる。試験構造と同様の構造から欠陥サイズ分布を抽出する手順に関する別の情報が、例えば、J. Khare, W. MalyおよびM. E. Thomas "Extraction of Defect Size Distribution in an IC layer Using Test Structure Data" IEEE Transactions on Semiconductors Manufacturing, pp. 354~368, Vol. 7, No. 3, 1994年8月に記載されている。ここで、この文献全体を参照して組み込む。

【手続補正36】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0069】

【表15】

ショート線数 Number Lines Shorted	欠陥数 Number of Failures
2	98
3	11
4	4
5	2
6	1
7	0
8	0

【手続補正37】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0078】

【表16】

系統的な歩留損失
テーブル14 (TABLE XIV) メカニズム

オープン及びショート(金属層) Opens and Shorts (Metal Layers) 不定歩留損失メカニズム						
ショート可能エリア	Systematic Yield Loss Mechanisms			Random Yield Loss Mechanism		
	Shortable Area (cm^2)	Instant Count	Estimated Yield	Do	P	Estimated Yield
Metal-1	Random Yield		事象数	推定歩留	0.7 defects/cm^2	2.3 85.23%
	Wide lines near small space	0.034		96.66%	欠陥	
	Wide space near small lines	0.00014		99.99%		
	Yield for OPC structures		72,341	99.86%		
	Bent lines		492	100.00%		
	Total for M1 M1総計					82.25%
Metal-2	Random Yield			0.35 defects/cm^2	1.92	97.45%
	Wide lines near small space	0.00079		99.92%	欠陥	
	Wide space near small lines	0.000042		100.00%		
	Yield for OPC structures		1040372	97.94%		
	Bent lines		103	100.00%		
	Total for M2 M2総計					95.36%
Metal-3	Random Yield			0.25 defects/cm^2	2.02	96.92%
	Wide lines near small space	0.0000034		100.00%	欠陥	
	Wide space near small lines	0		100.00%		
	Yield for OPC structures		352	100.00%		
	Bent lines		7942	99.92%		
	Total for M3 M3総計					96.84%
オープン及びショート(ポリ及びAA層) Open and Shorts (Poly and AA Layer) 欠陥						
Poly	Random Yield (without silicide)			0.17 defects/cm^2	2.03	99.81%
	Random Yield (with silicide)			4.34 defects/cm^2	4.56	89.54%
	Wide lines near small space	0		100.00%	欠陥	
	Wide space near small lines	0.01203		98.80%		
	Yield for OPC structures		0	100.00%		
	Bent lines		786541	92.44%		
AA	Over wide AA 幅広AA対象	0.034		96.66%		
	Over narrow AA 狹いAA対象	0.101		99.00%		
	Total for Poly ポリ総計					87.22%
AA	Random Yield (without silicide)			1.3	3.45	99.12%
	Random Yield (with silicide)			1.7	3.02	98.72%
	Wide lines near small space	10952		99.96%		
	Wide space near small lines	0		100.00%		
	Total for AA AA総計					98.70%

① 不定歩留(ランダム歩留)

小さい距離に近い大きい線幅
小さい線幅に近い大きい距離
OPC構造の歩留

② 不定歩留(珪化物なし)

不定歩留(珪化物あり)
小さい距離に近い大きい線幅
小さい線幅に近い大きい距離
OPC構造の歩留

【手続補正38】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図22

【補正方法】変更

【補正の内容】

from silicide
珪化物
より

from silicide
珪化物
より

【図22】

図22A

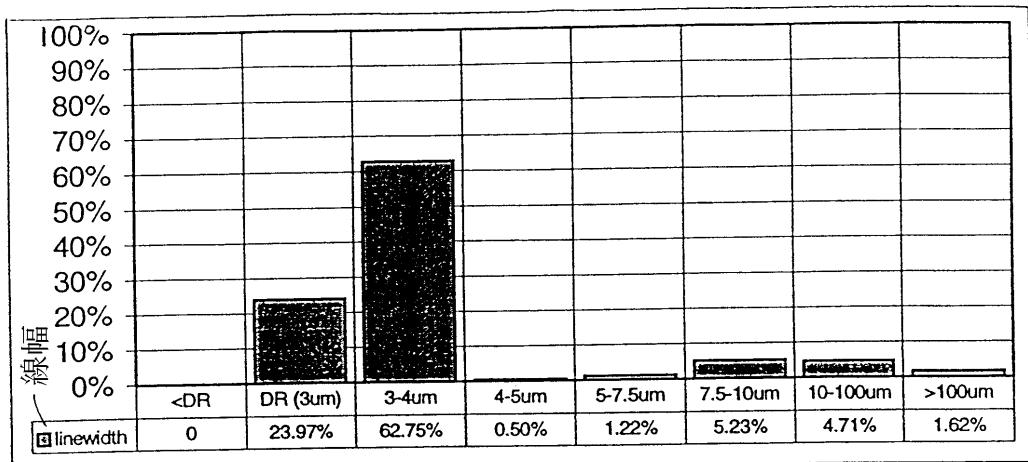


図22B

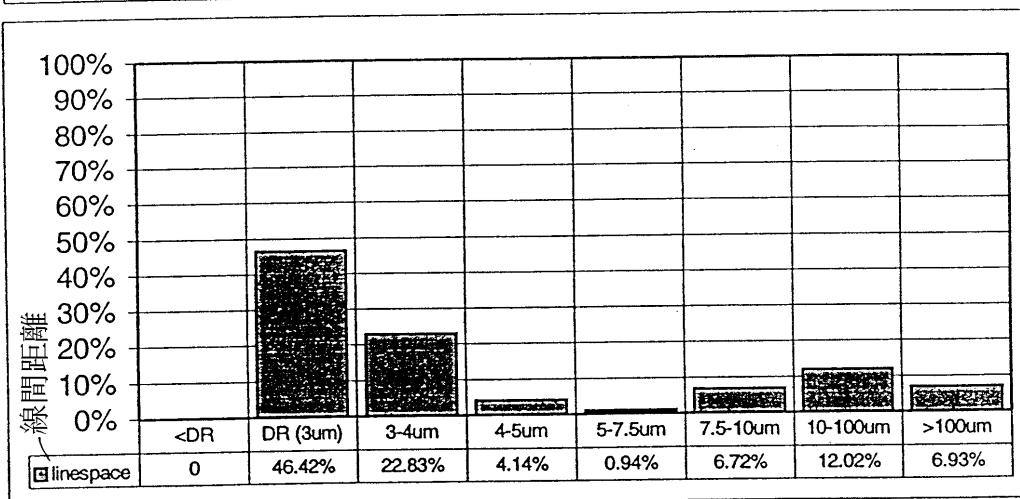


図22C

