

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-517200
(P2005-517200A)

(43) 公表日 平成17年6月9日(2005.6.9)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G03F 1/08	G03F 1/08 D	2H095
HO1L 21/027	G03F 1/08 A	
	HO1L 21/30 5O2P	

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2003-504166 (P2003-504166)	(71) 出願人	503326786 ニューメリカル テクノロジーズ インコーポレイテッド アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94043 マウンテン ビュー イーストミドルフィールド ロード 700
(86) (22) 出願日	平成14年6月7日(2002.6.7)	(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 禎男
(85) 翻訳文提出日	平成15年12月2日(2003.12.2)	(74) 代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/017668	(74) 代理人	100074228 弁理士 今城 俊夫
(87) 国際公開番号	W02002/101468	(74) 代理人	100086771 弁理士 西島 孝喜
(87) 国際公開日	平成14年12月19日(2002.12.19)		
(31) 優先権主張番号	60/296,788		
(32) 優先日	平成13年6月8日(2001.6.8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	60/304,142		
(32) 優先日	平成13年7月10日(2001.7.10)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	60/325,689		
(32) 優先日	平成13年9月28日(2001.9.28)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

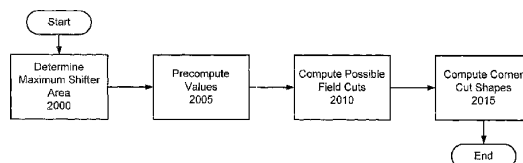
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位相シフト・ホトリソグラフィック・マスクのレイアウト及び設計

(57) 【要約】

【課題】 集積回路中の材料層を定義するための全位相レイアウトを定義する方法が開示される。この方法は、位相シフティングを使用して実質的に層を定義するために位相シフターを定義、配置、そして洗練するのに使用できる。

【解決手段】 工程を通じて、交互の開口、暗いフィールド位相シフト・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義、及びコンプリメンタリ・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義が生成される。マスクは定義から製造でき、そして集積回路中の材料層を製造するために使用される。位相シフター又は切断の間の分離は、マスク製造を容易にし、同時に、位相シフティング・マスクにより定義される特徴の各々の量を最大にするために設計される。コスト関数が位相割当ての相対的品質を記述して位相衝突を減少しより高い品質の位相割当てを選択するために使用される。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

材料層を持つ集積回路を製造する方法であって、層がレイアウトにより記述されて、材料層の実質的に全てが位相シフティングを使用して定義されるものにおいて、

位相シフティングを使用して定義されるべきレイアウト中の複数の特徴を識別し、複数の特徴の各々は複数の端を含み、

複数の特徴の端の近くに複数のシフター形状を置き、複数の特徴は第 1 の端と第 2 の端を有する第 1 の特徴を含み、第 1 の端は第 2 の端に接続し、そして複数のシフター形状は第 1 の端上に置かれる第 1 シフター形状と第 2 の端上に置かれる第 2 シフター形状を含み、第 1 シフター形状と第 2 シフター形状とが最小距離により分離され、

複数の位相シフターを生成するために位相依存性とコストに従い複数のシフター形状に位相を割当て、

複数の位相シフターを洗練することを含む方法。

【請求項 2】

複数のシフター形状を置くことがさらに、最大シフター面積、レイアウト中の複数の特徴を囲む最大シフター面積、複数のシフター形状が置かれるべき場所のレイアウト上の位置に対応した最大シフター面積を定義することを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

第 1 シフター形状と第 2 シフター形状とが最小距離により分離されることがさらに、第 1 シフター形状と第 2 シフター形状との間に切断を許容できるように第 1 シフター形状と第 2 シフター形状とを置くことを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

割当てることがさらに、特定の位相割当てを受容する相対的な品質を記述するために複数のコスト関数を使用し、複数のコスト関数は内側角コスト関数、外側角コスト関数、3 つの端コスト関数、小さなシフター面積コスト関数、位相衝突コスト関数、及び複数層コスト関数の内の 1 つ又は複数を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

洗練することがさらに、

同じ位相を持つ複数の位相シフター中に隣接位相シフターを併合し、

角を真っ直ぐにすることにより複数の位相シフター中に位相シフターを拡張し、

優勢又は下位の位相で隣接位相シフター間の開いた空間を充填することにより複数の位相シフター中に位相シフターを拡張し、そして

シフター形状を設計規則チェックに従うように調節する、

ことの 1 つ又は複数を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

複数の特徴及び複数の位相シフターから複数のトリム形状を定義することをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

複数の位相シフターから第 1 マスクデータ・ファイルを生成し、

複数のトリム形状から第 2 マスクデータ・ファイルを生成することをさらに含む請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

置くことが、複数のシフター形状に対する最初のシフター形状を使用し、最初のシフター形状が直方形の上に積み重ねられた台形を含み、直方形部分が特徴の端に直に隣接することを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

材料層の実質的に全てが位相シフティングを使用して定義されるものがさらに、複数の位相シフターにより層の非メモリ部分の少なくとも 80 パーセントが定義され；複数の位相シフターによりレイアウトのフロアプランの部分の少なくとも 80 パーセントが定義され；複数の位相シフターによりレイアウトの少なくとも 90 パーセントが定義され；複数

10

20

30

40

50

の位相シフターによりレイアウトの重要な経路内の全ての特徴が定義され；複数の位相シフターにより位相衝突のために位相シフトできない特徴を除くレイアウト中の全ての特徴が定義され；複数の位相シフターによりテスト構造を除くレイアウト中の全てが定義され；及び、複数の位相シフターによりダミー構造を除くレイアウト中の全てが定義される、ことの中の1つ又は複数を含む請求項1に記載の方法。

【請求項10】

ホトリソグラフィック・マスクを使用して形成されるべき層中の目標パターンを定義するホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を提供するために電磁波中に実現されたコンピュータ・データ信号であって、

位相シフティングを使用して定義されるべき目標パターン中の複数の特徴を識別するためのソースコード・セグメントと、複数の特徴の各々は複数の端を含み、

ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義中に複数のシフター形状を置くためのソースコード・セグメントと、複数のシフター形状は複数の特徴の端の近くに置かれ、複数の特徴は第1の端と第2の端を有する第1の特徴を含み、第1の端は第2の端に接続し、そして複数のシフター形状は第1の端上に置かれる第1シフター形状と第2の端上に置かれる第2シフター形状を含み、第1シフター形状と第2シフター形状は最小距離により分離され、

複数の位相シフターを生成するために位相依存性とコストに従い複数のシフター形状に位相を割当てるためのソースコード・セグメントと、

複数の位相シフターを洗練するためのソースコード・セグメントと、

を含むコンピュータ・データ信号。

【請求項11】

位相を割当てるためのソースコード・セグメントがさらに、分岐及び限定位相割当てのためのソースコード・セグメントを含む請求項10に記載のコンピュータ・データ信号。

【請求項12】

位相を割当てるためのソースコード・セグメントがさらに、グラフに基づいた位相割当てのためのソースコード・セグメントを含む請求項10に記載のコンピュータ・データ信号。

【請求項13】

第2ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を与えるためのソースコード・セグメントをさらに含み、第2ホトリソグラフィック・マスクは目標パターンを定義するためのホトリソグラフィック・パターンと一緒に使用されるコンプリメンタリ・マスクを含み、第2ホトリソグラフィック・マスクは目標パターンと複数のシフター形状を使用して定義される請求項10に記載のコンピュータ・データ信号。

【請求項14】

第2ホトリソグラフィックは、トリム・マスク、3トーン・マスク、減衰位相シフティング・マスク、及びバイナリ・マスクの少なくとも1つを含む請求項13に記載のコンピュータ・データ信号。

【請求項15】

目標パターンが第1ファイル・フォーマットのコンピュータ・データ信号として表され、そしてホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義が第2ファイル・フォーマットのコンピュータ・データ信号として表される請求項10に記載のコンピュータ・データ信号。

【請求項16】

第1ファイル・フォーマットと第2ファイル・フォーマットが同じフォーマットである請求項15に記載のコンピュータ・データ信号。

【請求項17】

第1ファイル・フォーマットがGDS-IIストリーム・フォーマットを含み、第2ファイル・フォーマットがマスク製造機械に使用される適当なフォーマット中にマスクデータ・ファイルを含む請求項15に記載のコンピュータ・データ信号。

【請求項 18】

ホトリソグラフィック・マスクを使用して形成されるべき層中の目標パターンを定義するためのホトリソグラフィック・マスクであって、目標パターンが複数の特徴を含むものであって、

以下の工程により定義される位相シフティング開口を有する暗いフィールド・マスクを含む、

複数の特徴の端の近くに複数のシフター形状を置き、複数の特徴は第1の端と第2の端を有する第1の特徴を含み、第1の端は第2の端に接続し、そして複数のシフター形状は第1の端上に置かれる第1シフター形状と第2の端上に置かれる第2シフター形状を含み、第1シフター形状と第2シフター形状とが最小距離により分離され、

複数の位相シフターを生成するために位相依存性とコストに従い複数のシフター形状に位相を割当て、

複数の位相シフターを洗練し、及び

ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を生成する、

ホトリソグラフィック・マスク。

【請求項 19】

置くことがさらに、第1シフター形状と第2シフター形状との間に切断を許容できるように第1シフター形状と第2シフター形状とを置くことを含む請求項 18に記載のホトリソグラフィック・マスク。

【請求項 20】

切断が、45度の角度のオフセットで正方形に終わる真っ直ぐな首と交差された実質的に正方形の切り込みからなる開口を含む請求項 19に記載のホトリソグラフィック・マスク。

【請求項 21】

切断が2つの隣接するシフター形状の間に最小のマスク製造幅開口を持つ請求項 19に記載のホトリソグラフィック・マスク。

【請求項 22】

目標パターンが、ホトリソグラフィック・マスクにより層の非メモリ部分の少なくとも80パーセントが定義され；ホトリソグラフィック・マスクにより層のフロアプランの部分の少なくとも80パーセントが定義され；ホトリソグラフィック・マスクにより層の少なくとも90パーセントが定義され；ホトリソグラフィック・マスクにより層の重要な経路内の全ての特徴が定義され；ホトリソグラフィック・マスクにより位相衝突のために位相シフトできない特徴を除く層中の全ての特徴が定義され；ホトリソグラフィック・マスクによりテスト構造を除く層中の全てが定義され；及び、ホトリソグラフィック・マスクによりダミー構造を除く層中の全てが定義される、ことの中の1つ又は複数を含むことを特徴とする請求項 18に記載のホトリソグラフィック・マスク。

【請求項 23】

集積回路中の材料層内の目標パターンのホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を定義するための装置であって、目標パターンが複数の特徴を含み、

目標パターン内の複数の特徴の回りの最大シフター面積を定義するための手段と、

シフター形状が複数の特徴の端に沿って走り、そして切断を許容するために隣接するシフター形状間に空間を残すようにシフター形状が最大シフター面積内に置かれる、ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義中に複数のシフター形状を置くための手段と、

位相依存性とコストに従い複数のシフター形状に位相を割当てるための手段と、

シフター形状を洗練するための手段と、

複数のシフター形状を含むホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を出力するための手段と、

を含む装置。

【請求項 24】

10

20

30

40

50

目標パターンと複数のシフター形状とからコンプリメンタリ・ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を与えるための手段をさらに含む請求項 2 3 に記載の装置。

【請求項 2 5】

割当てするための手段がさらに、複数のシフター形状中の位相シフターに対する与えられた位相割当てのコストを計算する手段を含み、コストは与えられた位相割当ての相対的品質に対応する請求項 2 3 に記載の装置。

【請求項 2 6】

コンピュータ読み取り可能な記憶媒体を含み、その中にホトリソグラフィック・マスクを使用して定義されるべき層中の目標パターンを定義するホトリソグラフィック・マスクの定義のためのコンピュータ読み取り可能な命令が記憶されていて、目標パターンが複数の特徴を含む、製造物において、

10

目標パターンにアクセスするための命令の第 1 組と、

目標パターン内の複数の特徴の回りの最大シフター面積を定義するための命令の第 2 組と、

シフター形状が複数の特徴の端に沿って走り、そして切断を許容するために隣接するシフター形状間に空間を残すようにシフター形状が最大シフター面積内に置かれる、ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義中にシフター形状を置くための命令の第 3 組と、

位相依存性とコストに従い複数のシフター形状に位相を割当てするための命令の第 4 組と

20

、シフター形状を洗練するための命令の第 5 組と、

ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を記憶するための命令の第 6 組と、

を含む製造物。

【請求項 2 7】

命令の第 4 組がさらに、特定の位相割当てを受容する相対的な品質を記述するために複数のコスト関数を使用するための命令組を含み、複数のコスト関数は内側角コスト関数、外側角コスト関数、3つの端コスト関数、小さなシフター面積コスト関数、位相衝突コスト関数、及び複数層コスト関数の内の 1 つ又は複数を含む請求項 2 6 に記載の製造物。

30

【請求項 2 8】

命令の第 4 組がさらに、位相割当てのために分岐及び限定を実行するための命令組を含む請求項 2 6 に記載の製造物。

【請求項 2 9】

命令の第 2 組がさらに、最大シフター面積を定義するために端キャップを除いて複数の特徴の回りの境界を成長させるための命令組を含む請求項 2 6 に記載の製造物。

【請求項 3 0】

命令の第 2 組がさらに、最小シフター面積と端キャップ切断保護を定義するための命令組を含み、最大シフター面積が端キャップ保護を考慮する請求項 2 6 に記載の製造物。

【請求項 3 1】

40

命令の第 2 組がさらに、複数の特徴を複数のグループにクラスター化するための命令組を含み、各グループが命令の第 3、第 4、及び第 5 組中の独立の並列処理に対して影響を受ける請求項 2 6 に記載の製造物。

【請求項 3 2】

命令の第 2 組がさらに、最小シフター面積と端キャップ切断保護を定義するための命令組を含み、最大シフター面積が端キャップ保護を保護する請求項 3 1 に記載の製造物。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、ホトリソグラフィック・マスクを使用して集積回路などの対象の小さな寸法

50

の特徴を製造することに関する。より詳細には、本発明は、集積回路及び同様の対象について複雑なレイアウトの位相シフト・マスキングに関する。

【0002】

背景技術

位相シフト・マスキングは、集積回路中の小さな寸法の特徴を生成するために応用されている。典型的に、この特徴は小さくて決定的な寸法を持つ設計の選ばれた要素に限定されている。例えば、米国特許第5,766,806号公報を参照。

【0003】

集積回路中の小さな寸法の特徴の製造は改善された速度と性能を生ずるが、このような装置の製造においてより広範囲に位相シフト・マスキングを応用することが望まれる。しかし、位相シフト・マスキングをより複雑な設計に拡張するとマスク・レイアウト問題の複雑性を大いに増加する。例えば、位相シフト窓を高密度の設計について割り付けすると、位相衝突が発生する。位相衝突の1つのタイプは、露光パターンで隣接した線の実現を意図して位相シフト窓を重ね合わせるなど、マスクにより露光されるべき特徴の近くに同じ位相を持つ2つの位相シフト窓が割り付けられたレイアウトの場所である。もし、位相シフト窓が同じ位相を持つ場合、所望の特徴を生成するために必要な光学干渉を生じない。従って、マスクにより定義される層に形成されるべき特徴の近くに位相衝突の位相シフト窓の不注意なレイアウトを防止する必要がある。

10

【0004】

一つの集積回路の設計中に、数百万の特徴が割り付けられる。このような多数の特徴に関する反復操作についてのデータ処理資源の負荷は、大きくて、いくつかの例では反復操作は実用的に不可能である。従来技術を使用して、大量のレイアウトが位相シフトにより達成される回路について、位相シフト窓のレイアウト及びこのような窓に対して位相シフト値を割当てるとは、実用的に不可能となった反復操作の1つである。

20

【0005】

これら及びその他の複雑性のため、複雑な設計について位相シフト・マスキング技術の実現は、位相シフト・マスクの設計に対する手法に改良を必要とする。

【0006】

発明の開示

集積回路(IC)中の材料層を定義するために全位相レイアウトを定義するための方法が開示される。全位相レイアウトでは、実質的に、材料層、例えば、多結晶シリコン層に全ての特徴が位相シフトを使用して定義される。位相シフトを使用して特徴を定義することにより、層の大部分は波長以下の特徴から構成できる。例えば、もし、 $\lambda = 193\text{ nm}$ ステッパーを使用すると、位相シフトの使用無しでは大きさが顕著に λ 以下の特徴を最終IC上に製造することは困難である。位相シフターに位相を割当て、置き、及び形付けることに系統的な手法を提供することで、方法はホトリソグラフィック・マスクとして高品質のレイアウトを製造できる。これらのマスクは次にICの層の製造に使用できる。

30

【0007】

あるパターンについて、例えば、集積回路の多結晶シリコン(又はゲート)層、特徴が同定できる。特徴の端のキャップを除き、特徴の回りの領域を成長させることにより、最大シフター領域が定義できる。最大シフター領域は特徴を定義するためにシフターが望ましくは置かれる空間に対応する。シフター形状は特徴の端に当てて置かれる。シフターの形状は、異なるシフター間に開口又は切断が必要な場合、互いに空間を残して間隔される。間隔要件は、最小間隔及び端長についての設計規則に関係し、異なるタイプの状況、例えば、外側及び内側角、について異なる。

40

【0008】

いくつかの実施の形態では、シフター形状は直方形の上に積み重ねられた台形である。この形状は頂上に正方形の切り込みを持つ切断を可能にするように設計される。従って、マスクにより製造が困難な尖った角を回避する。

【0009】

50

いくつかの実施の形態では、その後、シフター形状は最大シフター領域内のある開口領域を満たすために洗練される。

【0010】

次に、異なるシフター形状間の位相依存性はコストと一緒に決定される。これは、代替的な開口位相シフティング・マスクについてある要件が存在する、例えば、特徴の反対側のシフターは反対の位相を持つべきであるために重要である。しかし、位相衝突以外に考慮されるべき追加の考慮があってもよい。例えば、内側角に、外側角に、3つの端に沿って、同じ位相の2つのシフターを持つことがどれだけ好ましいか又は好ましくないか等である。他の基準は複数層依存性、例えば、接点、拡散領域等に基づいて位置付けることである。小さいシフターについてコスト関数と同じく、全体的に、コスト関数はある配置、例えば、与えられた同じ位相でのシフター形状Aとシフター形状Bの相対的な品質を説明する。

10

【0011】

依存性とコスト関数に従い、位相がシフター形状に割当てられることができる。その後、同じ位相シフターと一緒にでき前の開口切断空間のいくつかを一緒に充填する。本発明のいくつかの実施の形態により、小さなシフターを除去し、角を正方形にし、そして開口空間を優勢又は下位の位相で充填することを含む、追加の洗練が提供される。

【0012】

位相シフターが定義された後、位相シフター形状及び元のパターンを使用したトリム形状が定義できる。いくつかの実施の形態では、論理的な又は完成した位相シフター形状と元のレイアウトと一緒にされ、マスク不整列エラーを明らかにするために寸法が小さくされ、そして別の論理的なものが元のレイアウトと共に実行される。トリム・レイアウトは減衰された位相シフティング形状、例えば、トリートン・マスク等を含んでよい。

20

【0013】

いくつかの実施の形態では、入力はGDS-IIストリーム・フォーマットなどのフォーマットのレイアウトを含んだファイルであり、出力は1つ又は複数のファイルである。1つの実施の形態では、出力はトリム及び位相層の両方を含んだ1つのGDS-IIストリーム・フォーマット・ファイルである。別の実施の形態では、出力は2つのマスクデータ・ファイルで、各マスクにつき1つで、マスク製造機械の使用に適したものである。

30

【0014】

本発明の実施の形態は、ホトリソグラフィック・マスクを含む。ホトリソグラフィック・マスクは、位相マスク及びコンプリメンタリ・マスクを含む。位相マスクは、位相窓が上述したような目的パターンを定義するために配置された暗いフィールドの代替の開口位相マスクを含む。コンプリメンタリ・マスクは、位相マスクにより残された人工物を取り除くため、及び、位相マスクにより定義されていない残りの端又は端部分を定義するために設計されたマスクを含む。

【0015】

本発明の実施の形態は、集積回路製造方法を含む。この方法は、上述のように定義され、そして準備されたマスクを使用してIC内に材料層を露呈することを含む。

40

【0016】

詳細な説明

概観

位相、対応するトリム、集積回路中の材料層を定義するためのレイアウトを定義する方法及び装置が開示される。本発明の実施の形態は、ここに開示される方法に従い及び装置により生成されるマスクデータ準備(MDP)データを含む。別の実施の形態は、ここに開示される方法及び装置により定義されるレイアウトから製造される集積回路、レチクル又はマスクを含む。

【0017】

本発明の1つの実施の形態によると、例えば、GDS-IIフォーマットの入力レイア

50

ウトが、材料層のために受取られる。本発明の実施の形態は、例えば、以下に説明される図25の工程により、位相シフトを使用したレイアウトのパターンの実質的に全ての部分を定義するための1つ又は複数の出力レイアウトを生成する。例えば、出力レイアウトは、1つ又は複数の位相層とトリム層を持つGFS-IIIストリーム・ファイルを含んでよい。いくつかの実施の形態では、0及び180度位相シフターがマスク製造工程を助けるために異なる層に分離される。これは部分的に現在のGDS-IIIストリーム・フォーマットの限界である。なぜなら、このファイル・フォーマットは層内の多角形について位相を指定する標準の方法を提供しないからである。説明の便宜上、ここで使用される単一タームの位相層は、位相マスクを生成する使用のために設計されたある出力ファイル・フォーマット中の全ての関連位相層を言う。従って、出力は時々「全位相」レイアウト、又はマスク/レチクルと呼ばれるものである。さらに、出力は、全位相マスクと共に使用される、時々、「トリム・マスク」として呼ばれるコンプリメンタリ・マスク用の対応するレイアウトを含む。位相データと共に、トリム・データは同じ及び/又は別のファイル内に存在できる。

10

【0018】

以下に、本発明を詳細に説明する。最初に、パラメータ、切断形状、シフター形状等を含むさまざまな設定情報が考察される。そして、本発明のいくつかの実施の形態により使用される工程が例示のレイアウトを参照して説明される。

【0019】

設定

位相層及びトリム層が定義される工程が、元のレイアウトと共に動作するのに使用されるいくつかのパラメータと設定問題と関連して最良に理解される。最初に、切断形状と内側及び外側角切断の配置が説明される。そして、位相領域の境界が生成される方法が考察される。次に、最初のシフター形状と大きさが説明される。そして、ゆっくりと成長するシフターの形状の工程が説明される。最後に、位相シフター及び切断の形状と配置を決定するために使用されるコスト関数が考察される。

20

【0020】

切断形状及び内側と外側角

最初に、図1乃至3を参照すると、レイアウトのための内側及び外角切断が、本発明の1つの実施の形態により使用される切断形状のより詳細な図と共に示されている。まず、第1図を参照すると、内側角切断100が位相層102及び例示的内側角に対するトリム層に関して検査される。位相層102において、特徴110がシフター112とシフター114により定義されて示される(特徴110は実際には位相層102自身の部分でない)。同様に、トリム層104は、シフターにより定義された領域を保護し、そして角を定義するトリム118を含む。特徴110の境界がトリム層104中の点線により示されている。特に興味があるのは、使用される切断形状であり、図3を参照して、下に詳細に説明する。切断形状は、実質的に正方形の切り込みを含み、角の切り込みから45度角度で出てくる真っ直ぐな線の首を持つ。この形状は設計規則に従うように設計され、そして、より重要なことは、マスクの製造を容易にする。

30

【0021】

同様に、図2は、位相層202とトリム層204を含んだ外側角切断200を示す。位相層202内に、特徴210がシフター212とシフター214とにより定義されている(特徴210は位相層202自身の一部ではないが、説明の簡潔さのために示す)。トリム層214内に、シフターにより定義された領域を保護し、そして角を定義するトリムが示されている。点線が、トリム層204内の特徴210の境界を示すために使用されている。さらに、一点鎖線がトリム線204上で使用できる代替的な角形状222を示す。代替的な角は、完全に設計規則をクリーンにするために設計され。これと比較して、元の角は、切断の角度のある端に対して角の端が近接することにより、設計規則違反を作っているかもしれない。図2のように、同様な切断形状が設計規則に従い、そしてより重要には、レイアウトのためのマスクを容易に製造するために使用される。

40

50

【0022】

図3を参照すると、例示的な切断300が点線として示されている。切断300が、シフター対を分離するために図1と図2に使用された切断と似た形状を持つ。形状は、頂上に実質的に正方形の切り込みを含み、それは正方形で終わる真っ直ぐな首により45度の角度だけオフセットして交差されている。正方形の切り込みと首との間の角度が306で示されている。1つの実施の形態では、角度は135度である。切断300のさまざまな端の大きさは、工程と設計規則に依存する。例えば、端長さ302は、マスク製造技術による、工程の最小端長さに関係する。1つの実施の形態では、端長さ302は最小端長さ、 $r > 0.0$ 、の倍数である。この例では、 $r = 1.0$ である。同様に、端長さ304は、最小端長さに依存し、最小端長さ、 $r' > 0.0$ の倍数である。この例では、 $r' = 2/2$ である。首の幅308は、最小端分離と工程のリソグラフィック性質とに依存し、例えば、 $r'' > 0.0$ の倍数である。より詳細には、幅308は、トリムが切断に隣接した代替の位相シフター間に残された位相人工物を取り除くことができるのに十分でなければならぬ。

【0023】

境界

図4を参照すると、端キャップ404を有する特徴400に対する所望の位相境界が示されている。境界404が太い破線で示されている。図示されるように、境界は、端キャップ404が存在する所を除いて、特徴形状上での成長操作により生成できる。端キャップ404の高さは最小幅長さ、例えば、 $0.8X$ 、 $1.0X$ 、 $1.1X$ 、より一般的には、 rX 、 $r \geq 0.0$ 、に関連することに注意する。いくつかの実施の形態では、端キャップ領域は特徴400の上端を横断する平らの境界を生ずる真っ直ぐな線である。これは、端キャップの定義のために位相シフター又はトリムが使用されるか否か及びどれだけ隣接特徴上の位相領域が減少される必要があるかの違いを反映する。より詳細には、特徴400の端キャップ404に隣接した特徴410を見ると、境界402内に含まれる特徴400に対するシフターにより、特徴410の回りの境界を減少する必要性は、仮に特徴400に対するシフターが端キャップ404の頂上に向けて拡張される場合よりも少ない。従って、端キャップの処理はレイアウト設計のトレードオフを表す。1つの実施の形態では、端キャップを定義するために、そして境界が端キャップ上で平坦とするため、位相シフターの使用が好ましい。

【0024】

別の実施の形態では、端キャップの処理は、ある端キャップの場合がどのように処理されるべきかを記述する1つ又は複数の規則を参照して、ケース・バイ・ケースに基づいて決定される。例えば、規則はもし端キャップに隣接する特徴がなければ、平坦な境界を使用することを指定するだろう。しかし、例えば、図4の特徴410のように、近接の特徴がある状態では、端キャップ回りの領域はトリム層を使用して定義されるべきである。さらに別の実施の形態では、両方の可能性を使用してレイアウトの領域上でシミュレーションが行われて、より良い結果を生ずる構成が選択される。

【0025】

境界402は、特徴400を再生するために好ましいシフター幅に設定されるべきである。例えば、特徴400が Xnm の重要な寸法(CD)を持ち、そして与えられたリソグラフィック工程で Xnm の重要な寸法に対する好ましいシフター幅が Ynm の場合(例えば、光の特定の波長、可干渉性、レジスト特性等)、境界は特徴400の端から Ynm に置くことができる。例えば、 $248nm$ 波長リソグラフィック工程に対して、好ましいシフター幅は $150nm - 300nm$ である。好ましい幅は、さまざまな条件下でのテスト・パターンのシミュレーションと測定から決定できる。

【0026】

図5を参照して、隣接する特徴及び端キャップに関する境界の処理の追加的方法を考察する。図5は、特徴500と境界502及び境界512を持つ特徴510とをそれぞれ詳細に示す。特徴500上に端キャップ504が示されている。図示されるように、境界5

02と境界512内の領域は重なり合っている。また、特徴510に関連した最小境界514の部分も示されている(太い鎖線)。最小境界514は、特徴510を定義するのに使用される最小シフター幅を表す。切断保護領域520が、端キャップ504のいずれの側に示されている(格子パターン)。この領域は、境界502の上端からの最小の分離を含む(例えば、図5の垂直方向)。また、それは、例えば、境界502の幅の切断を許容するための他の方向(例えば、図5の水平方向)にも十分に広い。しかし、特徴510を定義するための適当なシフター幅が存在することを確保するために、最小境界514に従い含まれなければならないどんな領域は、最小領域514での切断保護520の端に示されるように切断保護領域から取り除かれる。従って、切断保護520は、位相シフトを使用した特徴510の定義を一方で可能にしながら、端キャップ504の右(又は左)に対して真っ直ぐな線切断を可能にするための適当な余地を保証する。

10

【0027】

シフター大きさ及び形状

図6を参照して、基本的なシフター形状を考察する。特に、特徴600がその特徴の近くに置かれた関連するシフター610と共に示される。このポイントでは、シフター610には位相が割当てられていない。このポイントでは、シフター610は、直方体の上に台形が載った直方体形状である。台形部分の端は切断に適応するために45度である。しかし、より一般的にどんな設計規則に従う角度を使用できる。シフター形状の別の観点は、シフターが切断の基礎に直接に当接する時(図22の説明を参照)でも、隣接切断が開口したままであることを許容することである。特徴600に当接するシフター610の基礎からシフターの頂上への方向は、特徴の重要な寸法(CD)を制御するために関連する寸法であるので、(シフター)幅と呼ばれる。さらに、より小さなシフターに対しては、シフターが最小幅要件を満たすならば、台形部分を省くことができる。

20

【0028】

シフター610は、最小距離 d_1 が、シフターの端と次の角、又は、この場合は、端との間に維持されるように、特徴600に当接する端に沿って置かれている。最小距離 d_1 は、切断を可能にする適当な大きさである。1つの実施の形態では、この距離は、一般的な形の式1で表されるように外側角に対して内側は異なる。

【0029】

内側角
 $(1 + \sqrt{2}/2)dim$

30

外側角
 $(\sqrt{2}/2)dim$

(1)

ここで、dimは許容最小寸法である。より一般的には、この形は最小寸法の $r > 0.0$ の倍数である。

【0030】

同様に、シフター610は、直方体部分が最小の許容シフター幅 d_2 で置かれる。(これは、シフターの基礎から台形領域の基礎に向かう軸に沿う図6の垂直方向である。)この最小シフター幅は、設計規則パラメータ、例えば、最小寸法、から導出される。リソグラフィックの観点からは、これは他のシフター(図6に図示しない)とトリム層(図示しない)と一緒に特徴(例えば、特徴600)を定義するためには十分な大きさではないかもしれない。 $= 248 \text{ nm}$ の1つの工程では、 d_2 は $0.06 \mu\text{m}$ である。

40

【0031】

図6に示されるように、また、シフター610の上端に沿った長さとして示される、シフター610の開始長さとして、シフター長さ d_3 を最大にすることが有用であろう。最小幅 d_2 が使用されて d_3 が最大にされる時、シフターの台形部分が図6に示されるように一般的に優勢となる。さらに、このシフター配置は所望の切断部分を設定する。内側角上

50

で、図 1 に示されるように 1 つの切断のみが可能である。外側角上で、シフター 6 1 0 の形状は、図 2 に示される 4 5 度の角度を含み、どんな角度からも切断を可能にする。より詳細には、図 1 0 を短く参照すると、特徴 1 0 0 0 の外側角がシフター 1 0 0 2 とシフター 1 0 0 4 と共に示されていて、矢印が外側角切断をシフターの位置に基づいていずれの角度で置くことができることを示す。また、シフター 6 1 0 は、境界（太い破線）に接触するために全体の幅が最大化されていることにも注意する。ある状況では、台形形状を維持しながら境界に到達するためにシフターを拡張することは不可能であるだろう。その場合は、図 1 1 乃至 1 3 に示されるようなシフター形状が適当に使用できる。

【 0 0 3 2 】

図 7 を参照すると、レイアウトの部分である特徴 7 2 0 と特徴 7 0 0 が、それぞれシフター 7 3 0 とシフター 7 1 0 と一緒に図示されている。シフター 7 1 0 とシフター 7 3 0 とは近接している。ここで、それぞれのシフターの間分離は最小分離、 d_4 、よりも小さい。いくつかの実施の形態では、 d_4 は最小分離設計規則及び / 又は最小分離に関する 1 つ又は複数のリソグラフィック・パラメータと一致する。本発明のいくつかの実施の形態では、図 8 に示すように、シフターはシフター 7 1 0 とシフター 7 3 0 とが一緒になって図示するようなシフター 8 1 0 を形成する。いくつかの実施の形態では、図 9 に示すように、例えば、設計規則に従うために、切り込み充填が実施される必要があるであろう。

【 0 0 3 3 】

図 9 は、図 7 に示されるのと同様な構成を示す。しかし、それぞれ特徴 7 2 0 と特徴 7 0 0 に近いシフター 9 2 0 とシフター 9 1 0 が互いに当接して、切り込み 9 3 0 と切り込み 9 3 2 とを残す。本発明のいくつかの実施の形態は、シフターを一緒にして、破線に示すように、このような切り込みを充填する。充填された切り込みの幅は、いくつかの実施の形態では d_4 と等しい、又は、少ない 2 つのシフターの間長さに対応する。

【 0 0 3 4 】

シフターの再形状

図 1 1 乃至 1 3 を参照すると、本発明の実施の形態により、図 6 に説明されたように置かれたシフターをレイアウト処理中に再形状することが考えられる。図 1 1 は、接点が着くパッドの特徴 1 1 0 0 と、切断 1 1 0 4 と切断 1 1 0 6 に対する破線としての 2 つの切断が示される（他の切断は説明の簡略のために省略）。また、切断の外側端が境界、又は、好適なシフター幅の場所を示す（図 1 1 でのみ太い破線により強調される）。図 1 1 で理解されるように、シフター 1 1 0 2 は切断 1 1 0 4 と切断 1 1 0 6 とを収容する十分な余地を持って最小幅と長さで置かれる。しかし、もし、台形の端が 4 5 度の角度に維持される場合、シフターは図 6 乃至 9 に示された形状を維持しながら境界までの全シフター幅を充填することはできない。

【 0 0 3 5 】

図 2 5 と関連してより詳細に説明するように、レイアウトの処理の際、シフターは図 1 2 に示すように最大幅まで大きさを増加できる。ここでは、シフター 1 2 0 2 が示される。1 つの実施の形態では、図 1 2 の再形状は境界がレイアウトのフィールドに当接した場合にのみ実行される。さらに、シフターと切断の間の周囲領域の 1 つ又は両方が適当ならば、シフター中に組み込まれる。これが適当な場合は図 2 5 と関連してより詳細に説明される。図 1 3 は、シフター 1 3 0 2、シフター 1 3 0 4、及びシフター 1 3 0 6 の 3 つのシフターとして拡張されたシフターを示す。最終出力レイアウトでは、これらは同じ位相を持ち、適当ならば、全体シフターを表す 1 つの多角形へと一緒にされる。3 つのシフターが結合された形状は、台形の部分が元の特徴に隣接するように回転させられた図 6 のシフターの形状と類似する。

【 0 0 3 6 】

コスト関数

図 1 4 乃至 1 7 を参照して、本発明の実施の形態で使用されるコスト関数が詳細に説明される。コスト関数は、特定の構成を受容する相対的な「悪さ」（又は、どのように関数が式化されるかに依存して「良さ」）を記述するために使用できる。コスト関数の目的の

10

20

30

40

50

ため、衝突とはレイアウトの位相層上のシフターの配置が（所望の）特徴を分解することが部分的又は完全のいずれかでできないことである。衝突を減らすことに加えて、コスト関数は、2つの選択の相対的なコストに基づいて、本発明の実施の形態が1つの構成を他よりも好ましいとするために使用できる。図25と関連して、位相層の設計にコスト関数を使用することが詳細に説明される。

【0037】

図14は、同じ位相シフターを重ね合わせるにより生ずる衝突を示す。特に、図14では、特徴1400が両方とも同じ位相のシフター1402とシフター1404により部分的に囲まれている。2つのシフターは、例えば、特徴1400の幅の距離1402により離間されている。2つのシフターが重なり合う領域は重ね合わせ1410である。この位相衝突を許容するコストを表すための1つの方法は、式2の一般式に公式化される。

10

【0038】

$$r \frac{\text{overlap}}{(\text{distance} - \text{dim}) + \varepsilon} \quad (2)$$

【0039】

ここで、overlapは位相衝突長（例えば、重ね合せ1410）の測定であり、distanceはシフターがどれだけ離れているかであり（例えば、距離1420）、dimは設計の最小特徴幅であり、 ε は最小グリッド大きさ、そして、 $r > 0$ 。0は実現に依存した比であり、1つの実施の形態では、真っ直ぐな線のシフター衝突に対して $r = 1$ 。0である。従って、もし、シフター1402とシフター1404が同じ位相で、それらの重ね合せの長さが長い場合、レイアウト中に衝突が留まることを許容するためのコストは高い。

20

【0040】

2つの端の場合は2つの基本的な形：図15の内側角、図16の外側角を持ち、これらを内側又は外側角という。2つの端の場合、本発明のいくつかの実施の形態は位相領域の切断を回避することを好む。従って、このような実施の形態では、コスト関数は1つの大きな（同位相）シフターを持つことに比べ、シフター1502とシフター1504（部分的に特徴1500を定義する）に分割することに大きなコストが関連するように設計される。図16とシフター1602とシフター1604（特徴1600を部分的に定義する）に関し、同じ目的が真実である。

30

より詳細には、式3の一般的な形の式が使用できる。

【0041】

$$r \frac{1}{\min(d_{01}, d_{12})} \quad (3)$$

【0042】

内側又は外側角の計算に対して、ここで、 d_{01} は2つの端の内の1つの長さであり、 d_{12} は他の長さであり、 $r > 0$ 。0である。図15を参照すると、距離1520及び距離1530が d_{01} 及び d_{12} にそれぞれ対応する。同様に、図16では、距離1620及び距離1630が d_{01} 及び d_{12} にそれぞれ対応する。使用される比 r は実現に依存する。1つの実施の形態によると、外側角について $r = 16$ 。0、内側角について6。0である。

40

【0043】

図17に3つの端の場合が示されていて、内側と外側角が互いに近接した時、例えば、階段ステップ、に発生する。特徴1700は、図6と関連して上述したパラメータによるシフター形状を配置するためには不十分な距離1720の端を持つ。好適なのは同じ位相を3つ全ての端に割当てることである。例えば、単一の接触するシフターを有することである。式4の一般的な形のコスト関数が使用できる。

【0044】

$$r \frac{1}{d_{12}} \quad (4)$$

【0045】

ここで、 $r > 0.0$ で、 d_{12} は短い端の長さ、例えば、図17中の距離1720、に対応する。使用される比は、実現に依存する。1つの実施の形態では、 $r = 5.0$ である。

【0046】

さらに、本発明のいくつかの実施の形態は、小さなシフター領域に対するコスト関数を禁止する。例として、図18の状態を取ると、2つの小さなシフター、例えば、シフター1800とシフター1810、が近接している。このように小さなシフターはマスクに製造するのが困難であり、それらを一緒にして1つのより大きなシフターにすることが望ましい。このようなコスト関数は式5の一般的な形とすることができる。

【0047】

$$r \left(\frac{1}{a1} + \frac{1}{a2} \right) \quad (5)$$

【0048】

ここで、“a1”は現在のシフターのある距離、例えば、nナノメータ、内の第1シフターの幾何学的面積であり、“a2”は現在の(小さな)シフターの面積である。例えば、もし、シフター1800が現在のシフターであるならば、その面積はa2により与えられ、一方、シフター1810の面積はa1により与えられる。1つの実施の形態では、 $r = 0.07$ である。上述したように、ある距離内の全てのシフターのコストが計算でき、及び/又は、 r の値も距離に関して変化できる。例えば、遠く離れたシフターはより低い r 値を使用する。

【0049】

さらに、コスト関数が単一の比、 r 、に関して示されたが、事実、複数の比が使用できる。例えば、1つの実施の形態では、 r の値は式の他の要に基づいて選択できる。例えば、もし、距離が $> 120 \text{ nm}$ ならば、外側角に対して $r = 8.0$ 、しかし、もし、距離が $> 240 \text{ nm}$ ならば、 $r = 4.0$ 等である。もしコストを計算する時及び/又はさらにより大きな距離での衝突に対して減少するペナルティに基づいて相対的成本を修正する時、特定の距離/面積の遮断が使用されない場合、これは使用できる。別の実施の形態では、隣接特徴領域の大きさが、 r の値に関連する。例えば、もし、切断が相対的に大きな領域、例えば、接点が着くパッド、に触れる場合、その位置の切断を許容することが、もし切断がより小さな領域、例えば、T交差、に触れるよりも望ましい。例えば、図18中の大きな多結晶シリコン領域に近い切断位置1840に対してより小さい多結晶シリコン領域に近い切断位置1940を考える。従って、いくつかの実施の形態では、大きな領域に対する r 値は、より小さい隣接領域に対して使用される r 値よりも小さい。何故ならば、位相衝突はより大きい領域ではOPCにより容易に修正できるからである。

【0050】

本発明の他の実施の形態は、適当なコスト関数を定義しそして選択する際に複数の層からの情報を使用する。図21を短く参照すると、レイアウト2100が示されている。もし、小さな直方形面積(例えば、特徴2110の端又は特徴2120の端)が接点の着くパッドであると決定される場合、異なるコスト関数を選択できる。本発明の1つの実施の形態によれば、接点の着くパッドが検出される時、その領域のプリンティングを改善するため、切断の最大数を使用するコスト関数の公式化により表現される好みがある。他の例は、例えば、Tジャクション等(図19を参照すると、拡散1910が特徴1900と共にゲートを形成し、切断位置1940が示されている)、トランジスタを定義する拡散領域の近くの切断を回避することを含む。他のいくつかの規則タイプは、ローカル相互接続-多結晶シリコン相互作用及び電氣的接続を確保するためのバイア層-金属層相互作用検出を含む。

10

20

30

40

50

【0051】

最終的に、コスト関数が図25の工程中に本発明の実施の形態により使用されてよく、そして、下に詳細に説明するように、より詳細にはステップ2540及び2545中に使用されてよい。

【0052】

分岐及び限定

本発明のいくつかの実施の形態が分岐限定アルゴリズムを位相割当て問題を解決するために使用するので、これらの短い説明を行う。良く知られているいくつかのさまざまな分岐限定アルゴリズムが存在する。1つの実施の形態では、カリフォルニア、サンノゼ、数値技術会社、カダバラ・デザイン・オートメーションからの *abraCAD* (商標) ソフトウェア内の分岐限定アルゴリズムが使用される。

10

【0053】

位相割当て問題は、ツリー(探索空間を表す)中、 2^n の可能な経路から1つの経路を選択する問題として見ることにより、分岐限定に対して設定できる。ここで、 n は、位相割当てについて処理されている与えられたレイアウト又はレイアウト領域中の位相シフターの数である。最初の位相割当てがプロセスを開始しそして最初のコストを与えるために、1つ又は複数の位相シフターに対して提供される。ソルバーが解空間を探索すると同時に、例えば、高いコストを生ずるよう見える経路を除去することにより、探索空間を限定する。これは、解空間の部分の連続した分岐(探索)を可能にして、より低いコストを結果する。

20

【0054】

停止ポイントはユーザにより選択できる。ある時間の期間内に、閾値の下の位相割当てコストの最小に到達するまで実行し、そして、そのポイントで発見された最低コストを選択する。さらに、有利には、分岐及び限定は十分な計算資源が利用できるならば一般的に並列に実行できる。

【0055】

代替的に、位相割当て問題を解くために、適当ならば、重み付けグラフ端及びグラフ色付けアルゴリズムを使用して、グラフに基づいたアルゴリズムを使用できる。

次に、位相層とコンプリメンタリ・トリム層を定義する工程を詳細に説明する。

【0056】

工程フロー

図20を参照すると、レイアウトを準備するための工程が示される。図20の工程は図25の工程と一緒に使用して、位相シフティングを使用したレイアウトのパターンを実質的に定義することができる。結果として得られるレイアウトは位相シフティング・マスク及び対応するトリム・マスクを定義するために使用でき、そして、これらは集積回路を定義するためにリソグラフィック工程で使用できる。

30

【0057】

工程は、最大シフター面積が決定されるステップ2000で開始される。これは、単に、好適なシフターの大きさ、例えば、構造からのある距離 n nm、を定義するためである。図4乃至5と共に説明したように、これは端キャップの識別後に計算できる。 n の特定の値は、シミュレーション及び/又はテスト・マスク露光から決定でき、そして、リソグラフィ工程、設計、及びレイアウトに依存する。

40

【0058】

図21を参照すると、特徴2110と特徴2120の2つの特徴を含んだレイアウト2100が示されている。図21は、端キャップ2112と端キャップ2122の端キャップが識別された後のレイアウトを示す。そして、図22には、レイアウト2100及び太い破線として特徴を定義するのに使用される最大、又は、好適なシフターを定義する境界2330を含むレイアウト2200が示される。

【0059】

次に、ステップ2005で、いくつかの中間値及び/又は形状が後の使用のために計算

50

される。いくつかの実施の形態では、これらの値及び / 又は形状は必要なときのみ計算される。1つの実施の形態によると、次の値及び / 又は形状が前に計算される。

- ・非フィールド = シフター形状 + 元のレイアウト
- ・フィールド = 境界内の面積 - 非フィールド

これらの値及び / 又は形状は以降のステップでより容易に使用できる。同様に、重要でない面積の位置を識別できる。例えば、線の曲がり (L の角)、線の交差 (T) 及び他の最小幅でない特徴などの全ての最小大きさの領域が識別され、これらの全ては重要でないとなされる。

【 0 0 6 0 】

次に、ステップ 2 0 1 0 で、フィールドからの切断の位置が決定される。これは、図 2 3 に関して容易に理解できる。レイアウト 2 3 0 0 が示されており、レイアウト 2 3 0 0 は、境界 2 2 3 0 の各角で境界 2 2 3 0 からフィールドの内側方向への所定の切断形状 (図 3 参照) の切断を含む。図示されるように、切断の位置のいくつかは、特徴、例えば、近くの端キャップ、と重なり合う。他の切断、例えば、2 3 1 0、は線端がどのように処理されるかのためにだけ切断が存在するので注目される。そして、その切断はステップ 2 0 1 5 により生成されない。他の同様な例は、切断 2 3 1 2 と切断 2 3 1 4 を含む。これに対して、いくつかの他の切断、例えば、切断 2 3 1 6、は境界の角及び特徴の角の両方で発生される。従って、切断 2 3 1 6 もステップ 2 0 1 5 で見つけられる。

【 0 0 6 1 】

工程はステップ 2 0 1 5 に続き、角切断形状を、例えば、角特徴から境界まで識別する。これはレイアウト 2 4 0 0 を含む図 2 4 に示されている。図 2 4 では、切断位置が特徴の角により決定されることを強調するために、境界端がより薄く作られている。再び、図 2 3 と比較すると、いくつかの追加の切断位置が見つかる。例えば、切断 2 4 1 0 である。そして、ステップ 2 0 1 0 で、切断形状が図 3 に示される形状に一致される。ステップ 2 0 1 0 とステップ 2 0 1 5 は並列に実行でき、互いに順序が異なり、及び / 又は、単一のステップに結合できる。

【 0 0 6 2 】

さらに、いくつかの実施の形態では、可能な切断が特徴の重要でない部分、例えば、図 1 9 中の T の後ろ (図示しない)、に沿って計算される。1つの実施の形態では、これらの切断位置は図 2 0 の工程のステップ 2 0 0 5 での重要でない領域の決定と一緒に計算できる。もし、そのオプションが選択されると、各端に対して、切断の重要でない領域の中心回りの最小幅が、図 2 0 の追加のステップ (図示しない) として後の使用のために計算できる。

【 0 0 6 3 】

図 2 0 の工程の性質は、予備的なものである。いくつかの実施の形態では、全体の工程が省略され、値が必要に応じて、図 2 5 の工程中で計算される。図 2 0 の工程の完了時に、図 2 5 の工程が開始される。観念的な観点から、図 2 5 の開始で、操作されているレイアウトは図 2 1 に示されるレイアウトであり、そして、図 2 0 の工程中に計算された全ての値が例えばレイアウトの余分な層、メモリ等に保存される。

【 0 0 6 4 】

図 2 5 のプロセスは、ステップ 2 5 2 0 で、シフター形状を最初に配置することで開始する。説明のため、いくつかの切断位置が点線の輪郭で示される。1つの実施の形態では、図 6 に示される基本的な形状に従いシフターが置かれる。シフター形状はレイアウト、例えば、図 2 6 のレイアウト 2 6 0 0、の各端に沿って置かれる。最初に、シフター 2 6 1 0 を参照すると、それは隣接する特徴の端と当接して置かれる。シフターの大きさは、端までの距離制約 d_1 (図 6 参照) に従いながら最大化される。理解されようように、もし、シフター、例えば、シフター 2 6 1 0、が好適な幅まで延長できない場合、図 1 1 乃至 1 3 に示された拡張手法が使用できる。さらに、もし、領域中に 2 つの切断があると (例えば、シフター 2 6 1 4 の左側)、シフターは両方が開いたままであることを確保する (この効果は、内側及び外側角に対する値 d_1 に内在する) 。

10

20

30

40

50

【0065】

図26は、シフター、例えば、シフター2612とシフター2614、を一緒にして示さないことに注意する。これは、ステップ2520及び/又はステップ2525の一部として生ずる。さらに、シフター形状は切断を許容するために設計されることに注意する。これは、図26中で、例えば、シフター2620により示される。ここで、シフターが領域2625（鎖線の円）に示されるように隣接のシフターと非常に近接するが、シフター2620の台形部分の角度は切断を許容する。同様に、図10に示すように、外側角は全ての角度から切断を許容する。

【0066】

そして、工程はステップ2525へ続き、開いた空間を充填して、シフターを一緒にする。シフターの併合と切り込みの充填は図7乃至9に関して上述され、そして、この工程がこのステップで発生する（又は、それはステップ2520の一部として実行できる）。このステップで、例えば、シフター2612とシフター2614が一緒に併合されて、切り込みが充填されて、図27のレイアウト2700に示されるシフター2714を形成する。さらに、図27に示すように、シフター2620に近い前の開いた空間が充填されて（例えば、充填された開いた空間2725）、端キャップに近い角などの開いた空間が除去される。より一般的には、工程は、図27に示されるように、もし切断が図から取り除かれて、そして各開いた空間が考察されると、良く理解できる。開いた空間2730を例に取る。開いた空間が3つの異なる位相シフターに触れていることが見える。これはその開いた空間をこのステップで充填するために不安定な候補にする。要件は、この空間が1つだけのシフター又は1つだけの重要でない形状に触れることである。

【0067】

図27で、シフターに隣接した他の開いた空間が同様に充填されている（参照番号を省略）。さらに、図27で、充填された開いた空間が顕著な三角形の多角形として示されているが、シフター形状はレイアウト記述フォーマットにより支援されるフォーマットに依存して1つ又は複数の多角形として形成できる（例えば、図28で、1つの多角形がシフター2620と充填された開いた空間2725とに対して使用される）。

【0068】

ステップ2530で、工程は続いて45度角度切断を使用して充填する。これは、例えば、図12に示すように、シフターを充填することを含む。1つの実施の形態では、空間が充填されているかどうかを決定するためのテストは、(i) 充填された面積は設計規則に従ったままであるか、(ii) 拡張されたシフターは2つの重要でない面積（フィールド又は重要でない特徴）に触れるか、である。関連のある重要でない特徴は、このステップで容易に計算できる。重要でない特徴は、シフター及びフィールドに当接しない元のレイアウトのこれらの部分を含む。ステップ2530で提供された清掃は、図28のレイアウト2800に見ることができる。ここでは、いくつかの45度シフターが充填されている。例えば、充填2810、充填2812、及び充填2814である。しかし、領域2820、領域2822、及び2824は充填されていない。領域2822と領域2824の場合、シフター併合が生ずるであろう。領域2820の場合、領域が2つの切断に当接していて、開いたままである。より詳細にいくつかの実施の形態では、面積が1つの切断、最大で1つのシフター、フィールド及び元のレイアウトの最大で2つの角に触れる場合、シフターが拡張される。

【0069】

次に、ステップ2535で、工程は工程が完了するまで上記ステップ（2525 - 2530）に戻る。そして、ステップ2540に続く。停止基準は、前回のループの通過の際にシフター形状への変化が生じたかどうか、固定数の繰返し、他の停止基準及び/又は上記の組み合わせ、例えば、最大5回繰返すが変化が生じなければ直ちに、を含むことができる。

【0070】

ステップ2520 - 2535の内容と特定の分解は変更できる。しかし、ステップ25

10

20

30

40

50

40が開始された時点で、シフター形状は確立されているべきであり、そして実際的な限度で最大の大きさ（幅、長さ、充填された開いた空間、等）である。これは、ステップ2540-2565が、再形状及び/又はシフターの再定義ではなく、主として位相を割当ててためである。

【0071】

工程はステップ2540に続き、コスト関数の計算及び位相依存性が決定される。図14乃至19に関連して上述したように、コスト関数は、異なるシフターに対する位相割当ての特定のタイプを許容する相対的な悪さ（又は、公式に依存して良さ）を記述する。上記の通り、コスト関数は層に敏感で、異なる距離の相互作用等に対して異なる公式を持つ。処理コストの有用な減少を与えるために、レイアウトは図25の工程を通じて処理するために、小さな領域又はクラスターにグループ化できる。クラスター化の利点は、ステップ2545の際に現れる。例えば、もし、分岐及び限定が使用されると、n値はレイアウト全体に対するよりもレイアウトの部分に対してより小さくなる。1つの実施の形態では、クラスターは1つの境界多角形内のレイアウト領域を含み、従って、1つのレイアウトは、数百又は数千のクラスターを有するであろう。

10

【0072】

ステップ2545で、位相割当てが実行される。1つの実施の形態によると、上記の分岐及び限定タイプのアルゴリズムが使用される。工程中、実際に使用される特定の切断が決定される。例えば、もし、2つのシフターが切断により分離されるが、同じ位相が割当てられると、それらは最終的に併合されて一緒になる。図29を参照すると、図28のレイアウトが、最初の位相割当てを持つレイアウト2900として示されている。

20

【0073】

次に、ステップ2550で、シフターが拡大され、そして切断が充填できる。1つの実施の形態では、これは元のレイアウトを境界方向へ成長させて、そして開いた空間を計算することにより実行される。もし、与えられた開き空間が全て1つの位相のシフターに触れる場合、その領域はその位相により充填できる。例えば、領域2910（2つの異なる位相のシフターに触れる）と領域2912（2つの同じ位相のシフターに触れる）を対比する。もし、適当ならば、このステップに従って充填できる開き領域を識別するために他のアルゴリズムが使用できる。

【0074】

ステップ2550の結果が図30に示されている。ここで、レイアウト3000が切断空間を充填するためにシフターが拡大されていることを示す。上記の通り、領域2910は隣接するシフターの位相が異なるためにこのステップにより充填されない。

30

【0075】

工程はステップ2560に続き、小さなシフターが除去される。これは所定の大きさ基準に基づくことができる。いくつかのレイアウトに対して、これは工程がステップ2570及び2580に続く時、それぞれ、優勢又は下位の位相により充填できる開いた空間を生ずる。例のレイアウトは、ステップ2560で除去されるべきどんなシフターを持たない。従って、レイアウトはステップ2560では修正されない。

【0076】

次に、ステップ2570で、シフターのさらなる洗練が生ずる。これは、隣接する面積の優勢な位相によるフラッド充填切断を含む。図31のレイアウト3100を参照すると、シフター3110とシフター3120が他のレイアウトで示された特徴2120と同様な特徴3160を定義する。しかし、レイアウト3100中に特徴2110がないため、図31中の特徴3160の大きな領域の全ての周りにシフターが存在する。レイアウト3100は、図20の工程及び図25の工程に従い処理されている。ステップ2550後、シフター3120とシフター3110に示されるシフター形状が確立される。ステップ2560で、フラッド充填3130、そして開いた空間からシフターへ変換される。位相シフター3110を切断3150の切断領域中の優勢な位相とする決定は、いくつかの要因に基づくことができる。周囲の位相シフターの総面積と位相、開き空間に当接するシフタ

40

50

一の相対的端長さ等、である。ここで、シフター3110の位相が、例えば、前の開いた空間に当接する端の長さから、優勢であると決定される。

【0077】

図31から理解されるように、優勢な位相を選択する1つの効果は、例えば、切断3150、結果として得られる切断の位置を決定できることである。図31において、切断3150は垂直方向を向き、そしてシフター3120に当接する。しかし、もし、シフター3120が優勢な位相を持つと発見された場合、結果として得られる切断は水平方向を向き、そしてシフター3110に隣接する。

【0078】

ステップ2570の一部として、ステップ2570のフラッド充填の際に生成されたどんな最小間隔又は最小端長違反が修正できることである(図31に図示しない)。図32を参照すると、図31のレイアウトと同様な態様で処理された単純なレイアウトの一部が示されている。図32で、特徴3200及び特徴3210は、特徴を定義するために特徴の回りに置かれたシフター3220、シフター3230、及びシフター3240を持つ。ステップ2570で、シフター3250とシフター3260が優勢位相によりフラッド充填中に加えらる。これは、それが切断に当接するシフター3250上に設計規則に従わない鋭角を残す。ステップ2560中、この角は図33のシフター3330により示されるように除去できる。しかし、今度は、この除去は頂上で本当に必要なものより大きい、例えば、シフター間の最小分離よりも大きい、開口を作る。

10

【0079】

ステップ2580の際、下位の位相を使用して開いた空間を充填することにより、すなわち、図33に示されるようにシフター3350を加えることにより、シフター3330とシフター3340の間の切断開口を全体の許容される最小の分離にするために下位位相が使用できる。ステップ2570と同じく、充填後に、分離及び端長さ違反を修正できる。

20

【0080】

図31乃至33を参照すると、設計規則には従うけれど、相対的に複雑で、マスク製造、検査等についてわずかな困難を与えるであろう切断形状が見られる。従って、本発明のいくつかの実施の形態では、シフター形状をスクウェアオフのために図25の工程中に1つのステップ(図示しない)を含む。これは、図34に示すように、より真っ直ぐな切断を生ずる。ここでは、図32のレイアウトが真っ直ぐにされ(スクウェアオフ3410及びスクウェアオフ3420)、そして、ステップ2470が適用されて、フラッド充填3430及びフラッド充填3440を生ずる。ステップ2580は、図34のレイアウトに変化を生じないことに注意する。何故ならば、充填されるべき追加の開いた空間がないからである。また、結果として得られた切断が製造に容易であることに注意する。

30

【0081】

より詳細には、スクウェアオフステップは、位相割当て後に何時でもでき、1つの実施の形態では、ステップ2560とステップ2570の間で行われる。1つの実施の形態では、シフターノスクウェアオフ基準は、追加して戻される真っ直ぐな部分が、(i)異なる位相のシフターに対して所定の分離内で隣接又は触れない、又は(ii)どんな他のスクウェアオフ部分と重なり合うことがない、である。また、スクウェアオフは、図12に示されるタイプのシフター、例えば、シフター1202に対して、2つの可能なスクウェアオフを含むことができる。詳しくは、1つのスクウェアオフが、頂上を変化させないままで台形領域を直方形にする。また、頂上部分は前の台形部分の充填で別にスクウェアオフできる。この二重のスクウェアオフのタイプは図35の切断3510の直ぐ上に示されていて、ここで、スクウェアオフ部分は説明のために別個のシフター形状として示されている。

40

【0082】

図30のレイアウトに対するステップ2560とステップ2570との結果が、図35にレイアウト3500として示される(上述したスクウェアオフ手順が使用されているこ

50

とに注意する)。切断3510回りのシフターのスクウェアオフ、例えば、スクウェアオフ3520、には優勢位相による充填、例えば、充填優勢3530、が続く。そして、工程はステップ2580へ続き、ここでフラッド充填が繰返される。しかし、今度は優勢位相ではなく下位がどの領域を充填するかを決定するのに使用される。他の点では、ステップ2580はステップ2570と同一である。図示されたレイアウトの例では、ステップ2580で追加の充填はない。

【0083】

このポイントで、本発明のいくつかの実施の形態によると、レイアウトの処理が完了する。

【0084】

トリム・レイアウト又は層は、位相層から導出できる。これが、図35のレイアウトに対して図36で、レイアウト3600のトリム3610により示されている(元の特徴の輪郭が破線で示され、そして位相層が背景に参照のために示される)。1つの実施の形態では、これは、シフター形状+元のレイアウトを僅かな縮小、例えば、0.02 μ 、だけ縮小し、そして元のレイアウトを加え戻すことに基づいた、単純な幾何学計算でできる。縮小の量は、マスク不整列、露光条件等に対して十分な許容量を含み、与えられた工程に基づいて決定できる。例えば、位相及びトリム層に対して異なるドーズを使用することにより、トリム層内の開口の大きさは、位相人工物を除去するために許容できるかもしれないものよりも小さくできる。2001年10月5日出願された発明者クリストファ・ピエラット等の発明の名称「位相シフティング・ホトリソグラフィックマスクの露光制御」
米国特許出願第09/972,428号を参照。

【0085】

図37を参照すると、位相シフティング・マスクに対する完全なレイアウト3700が、光透過性領域(シフター3710、シフター3720、及びシフター3730)としての位相シフター及びマスク上のそれ以外の不透明保護材料(例えば、クロム)と共に示されている。説明のために、元の特徴の輪郭が破線で示されている。上記の通り、シフター3710はマスク記述を含むGDS-II出力ファイルの1つの層内にあり、一方、シフター3720とシフター3730は別の内にある(例えば、1つの層内に0、他に180)。さらに、図示しないが、切断は連続位相及び/又は複数位相光透過性領域、例えば、0-180の徐々に、切断中90、切断中60と120、及び/又はその他のいくつかの
組合せ、であることができる。図38は、トリム3610を示すコンプリメンタリ・トリム・マスクについての完全なトリム・レイアウト3800を示す。さらに、図2と関連して先に説明したように、代替的な角3810について破線に示すように、外側角上の切込み開口ではなく、対角線を使用することが可能である。

【0086】

また、いくつかの追加的な後処理が、レイアウトを設計及びマスク製造規則に従わせるために、必要及び/又は望ましいであろう。例えば、図37及び図38を参照すると、切断3510(図35を参照)の領域に隣接したシフター及びトリム層の両方に極端に短い端が存在する。この端に沿ってトリムとシフターの幅をこの短い端に垂直に拡張して短い端を除去することにより、この端を取り除くことができ、図38中に、処理後の端3820に対して破線として、1つのトリム層だけが示される。

【0087】

代表的な代替的实施の形態

さらに、説明が主として、IC内の多結晶シリコン、又は「ポリ」層を定義する例に集中して行われたが、位相シフティングは材料の他の層、例えば、相互接続、金属、を定義するために使用できる。

【0088】

いくつかの実施の形態では、中間及び最終処理ステップにより生成された異なる形状は単一データ・ファイルの異なる層内に維持される。例えば、もし、GDS-IIストリーム・フォーマットが使用される場合、元のレイアウトは最初の層、ゼロ角度シフターは第

10

20

30

40

50

2層、180度シフターは第3層、そしてトリム層は第4層内に維持できる。他の実施の形態では、複数のデータ・ファイルが関連情報を分離するために使用できる。さらに、図示するように、中間処理ステップの結果が出力でき、そして与えられたレイアウトに対するシフター形状と割当てプロセスをより良く理解するために見ることができる。

【0089】

いくつかの実施の形態では、結果として得られるレイアウトは以下の少なくとも1つのレイアウトを含む。

- ・レイアウト中の1つの材料層内の非メモリ部分の80パーセント(%)
- ・1つの材料層内のフロアプランの部分の80パーセント(%)
- ・ある領域のセルの80パーセント(%)
- ・材料層の90パーセント(%)
- ・材料層の95パーセント(%)
- ・材料層の99パーセント(%)
- ・材料層の100パーセント(%)
- ・1つの材料層中のチップ(ALU)の機能単位の100パーセント(%)
- ・1つの材料層中の設計の重要な経路内の特徴の100パーセント(%)
- ・1つの材料層中のある寸法以下又は以上、例えば、重要な寸法 $50\mu\text{m} < \text{CD} < 100\mu\text{m}$ 、を持つ特徴の100パーセント(%)
- ・解決できない位相衝突のために位相シフトできない特徴を除く材料層中の全て
- ・テスト構造を除く材料層中の全て
- ・全ての非ダミー特徴、例えば、処理目的のための構造的サポートを提供する特徴、及び材料層中の非電氣的機能特徴、の100パーセント(%)

が位相シフティングを利用して定義できる。さらに、特徴が実質的に位相シフティング・マスクを使用して定義する時でも(例えば、図31中のレイアウト3100中の特徴3160)、切断開口及び切断キャップでの特徴部分はコンプリメンタリ・マスクにより定義される。従って、特徴3160などの特徴は、位相シフティングを使用して定義されると考えられる(又は、「位相シフティング・マスク」を使用して)。

【0090】

本発明の実施の形態は、製造されたマスク及び/又は本発明の実施の形態に従い定義されたレイアウトにより製造されたマスク組を含むことができる。例えば、図37及び図38のレイアウトは、カリフォルニア、サンノゼ、数値技術会社、トランスクリプション・エンタープライズ・インクからのCATS(商標)などのマスクデータ準備ソフトウェアにより処理されて、マスク書込み及び製造機械の使用に適したフォーマットのマスクデータ・ファイルを生成する。本発明の実施の形態は、本発明の実施の形態に従い定義されたレイアウトから構成されたマスクにより定義された材料層を含んだ完成集積回路を含む。

【0091】

本発明の実施の形態は、集積回路の材料層を製造する方法を含む。このような実施の形態中に使用される1つのウェハ製造工程は、ウェハの上表面にホトレジスト層を塗布し、ホトレジスト層を焼き、ホトレジスト層上に第1マスクを置き、第1マスクを介してホトレジスト層を露光し、ホトレジスト層上に第2マスクを置き、第2マスクを介してホトレジスト層を露光し、ウェハを焼き、ホトレジスト層を現像し、ケミカル食刻又はイオン注入し、そしてホトレジスト層を除去することを含む。追加の材料層も同様に定義できる。第1及び第2マスクは、上述したレイアウトから生成される位相シフティング・マスク及びコンプリメンタリ・マスクである。例えば、第1マスクは、図37のレイアウト3700から構成されるマスクであり、第2マスクは図38のレイアウト3800から構成されるマスクであることができる。マスク露光順序は、本発明の1つの実施の形態により反転できる。例えば、コンプリメンタリ・マスクが露光されそして位相シフティング・マスクが露光される。

【0092】

本発明のいくつかの実施の形態は、図17の工程を実行するためのコンピュータ・プロ

グラムを含む。1つの実施の形態では、工程は、カリフォルニア、サンノゼ、数値技術会社、カダブラ・デザイン・オートメイションにより製造された a b r a C A D (商標) ソフトウェアを使用して実現できる。1つの実施の形態では、工程は、a b r a C A D (商標) ソフトウェア中の A L 言語プログラムを使用して記述される。いくつかの実施の形態では、コンピュータ・プログラムはコンピュータ読み取り可能媒体、例えば、C D - R O M、D V D 等に記憶される。他の実施の形態では、コンピュータ・プログラムは電磁搬送波及び/又はコンピュータ・データ信号中に実現できる。例えば、電磁搬送波及び/又はコンピュータ・データ信号はネットワーク上をアクセスされるプログラムを含むことができる。

【0093】

ここで使用される、リソグラフィ及び/又は光リソグラフィの言葉は、可視光、紫外線、深紫外線、超紫外線、X線、eビーム、及び/又は、リソグラフィ目的のための他の放射源を指す。

【0094】

結論

上述した本発明の実施の形態の説明は、例示的説明の目的のために与えられた。本発明を開示された正確な形に限定すること及び網羅的な意図はない。多くの修正と変形が明らかである。実施の形態は本発明の原理とその実際的な応用を最良に説明するために選ばれて記述され、これによりさまざまな変形を持つ本発明のさまざまな実施の形態が意図される特定の使用に適することが理解できる。本発明の範囲は特許請求の範囲の記載により定義されることを意図している。

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図1】位相及びトリム層を形作るために使用された例示的な内側角切断を示す図。

【図2】位相及びトリム層を形作るために使用された例示的な外側角切断を示す図。

【図3】切断形状を詳細に示す図。

【図4】端キャップ識別後のシフター境界を示す図。

【図5】端キャップ切断保護領域を示す図。

【図6】最初のシフター形状を示す図。

【図7】一緒にするために最小シフター分離を示す図。

【図8】一緒にした後の図7のシフターを示す図。

【図9】隣接したシフター間の充填されるべき切り込みを示す図。

【図10】図6のシフター形状がどのように外側角上に開口切断を残すかを示す図。

【図11】接点が着く領域上の最初のシフターの配置を示す図。

【図12】シフターが境界まで延長された後の図11のレイアウトを示す図。

【図13】開口空間がシフターによりさらに充填された後の図12のレイアウトを示す図。

【図14】真っ直ぐな線の位相衝突に対するコスト関数に使用された測定を示す図。

【図15】内側角に対するコスト関数に使用された測定を示す図。

【図16】外側角に対するコスト関数に使用された測定を示す図。

【図17】3つの端の場合に対するコスト関数に使用された測定を示す図。

【図18】小さなシフター領域の場合に対するコスト関数に使用された測定を示す図。

【図19】他の層上の特徴に対して敏感なコスト関数を示す図。

【図20】レイアウトを準備するための工程フロー図。

【図21】端キャップ識別後の例示的なレイアウトを示す図。

【図22】シフター境界が定義された後の図21のレイアウトを示す図。

【図23】図22のレイアウトに対するフィールド切断形状を示す。

【図24】図22のレイアウトに対する角切断形状を示す。

【図25】位相シフトを使用するレイアウトのパターンを実質的に定義するために位相層とトリム層を設計するための工程フロー図。

10

20

30

40

50

- 【図26】図25の工程に従いシフターの配置後の図21のレイアウトを示す図。
- 【図27】図25の工程に従いいくつかの開口空間が充填された後の図26のレイアウトを示す図。
- 【図28】図25の工程に従いシフター形状の追加的な洗練後の図27のレイアウトを示す図。
- 【図29】図25の工程に従い最初の位相割当て後の図28のレイアウトを示す図。
- 【図30】図25の工程に従いシフターの拡大後の図29のレイアウトを示す図。
- 【図31】優勢な位相を使用したフラッド充填による位相シフターの洗練を示す図。
- 【図32】優勢な位相を使用したフラッド充填による位相シフターの洗練を示す図。
- 【図33】下位の位相を使用したフラッド充填による位相シフターの洗練を示す図。
- 【図34】優勢な位相を使用したフラッド充填及び角を取ることにによる位相シフターの洗練を示す図。
- 【図35】図25の工程に従いシフターを洗練した後の図30のレイアウトに対する位相層を示す図。
- 【図36】図34のレイアウトの位相層上に重ね合わせられたトリム層を示す図。
- 【図37】図34のレイアウトに対する完全な位相シフティング・レイアウトを示す図。
- 【図38】図35のレイアウトと共に使用されるトリム層を示す図。

【図1】

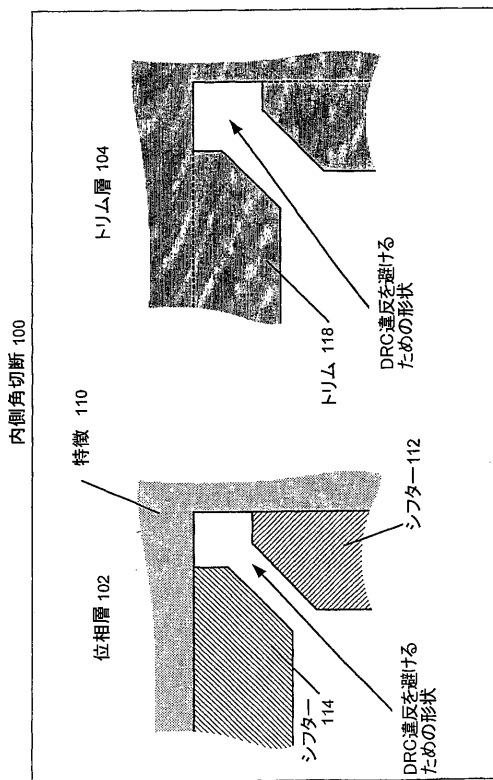


Fig. 1

【図2】

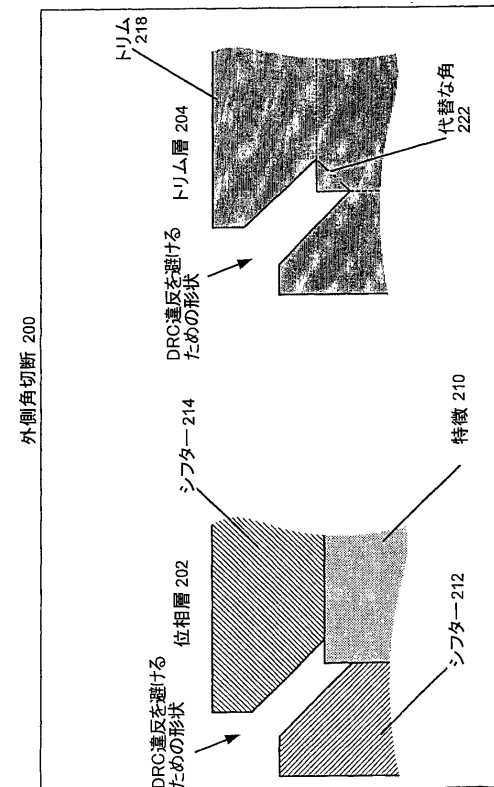


Fig. 2

【 図 3 】

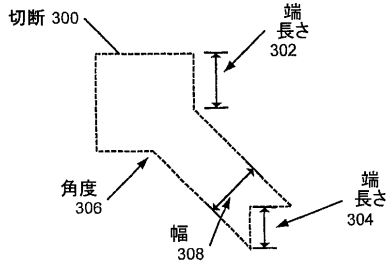


Fig. 3

【 図 4 】

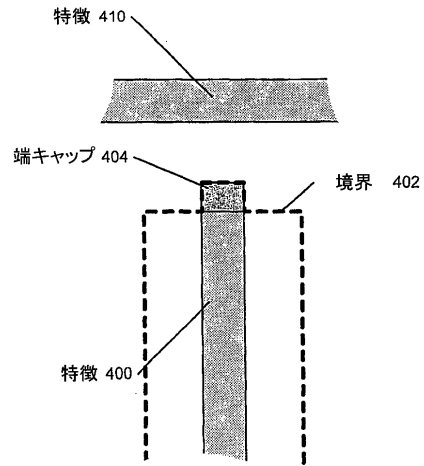


Fig. 4

【 図 5 】

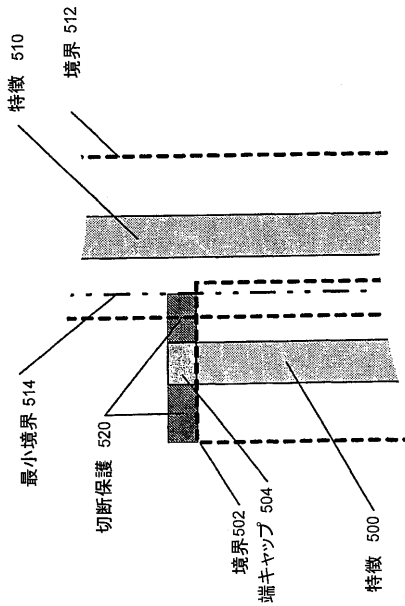


Fig. 5

【 図 7 】

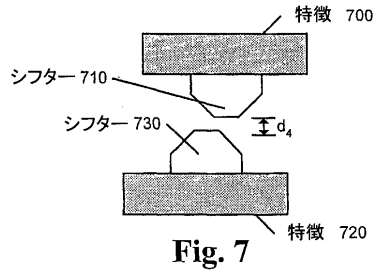


Fig. 7

【 図 8 】

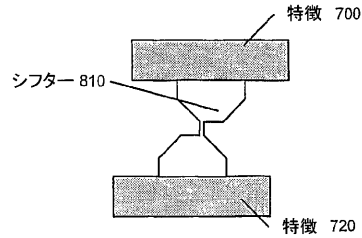


Fig. 8

【 図 6 】

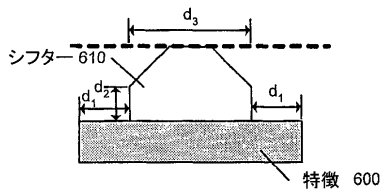


Fig. 6

【 図 9 】

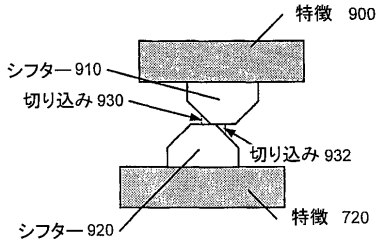


Fig. 9

【 図 1 0 】

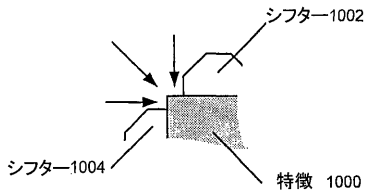


Fig. 10

【 図 1 1 】

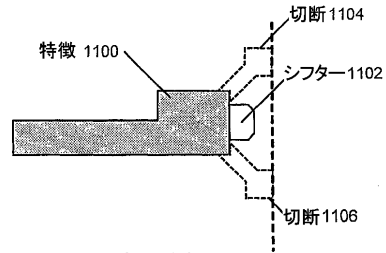


Fig. 11

【 図 1 2 】

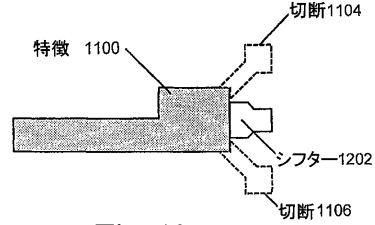


Fig. 12

【 図 1 3 】

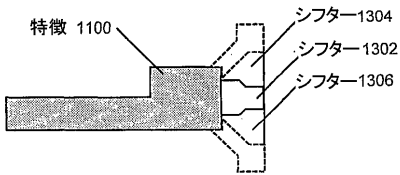


Fig. 13

【 図 1 6 】

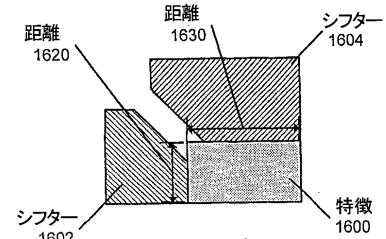


Fig. 16

【 図 1 4 】

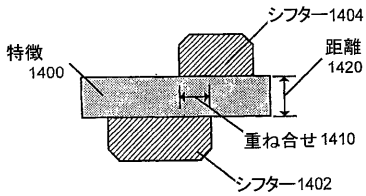


Fig. 14

【 図 1 7 】

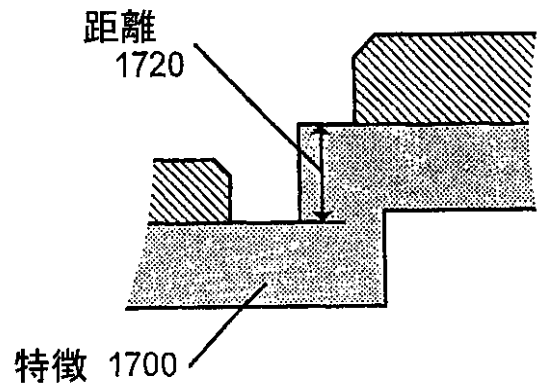


Fig. 17

【 図 1 5 】

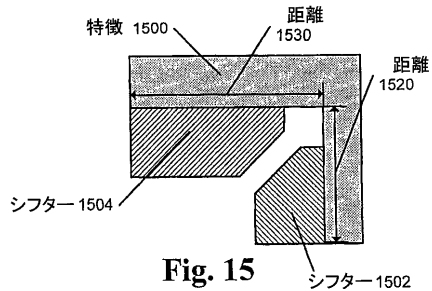


Fig. 15

【 図 1 8 】

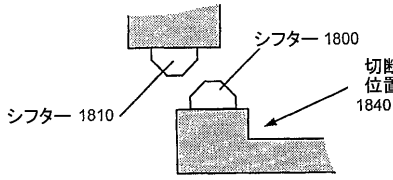


Fig. 18

【 図 1 9 】

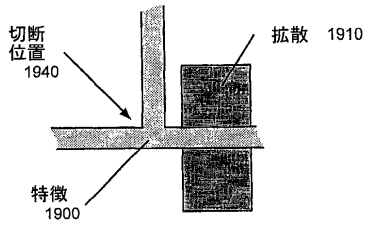


Fig. 19

【 図 2 0 】

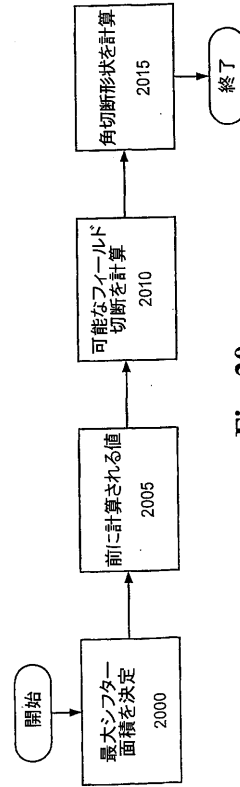


Fig. 20

【 図 2 1 】

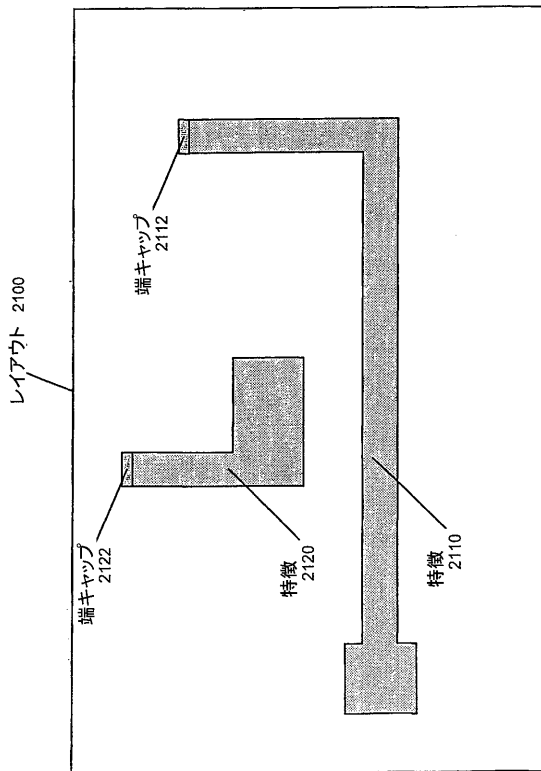


Fig. 21

【 図 2 2 】

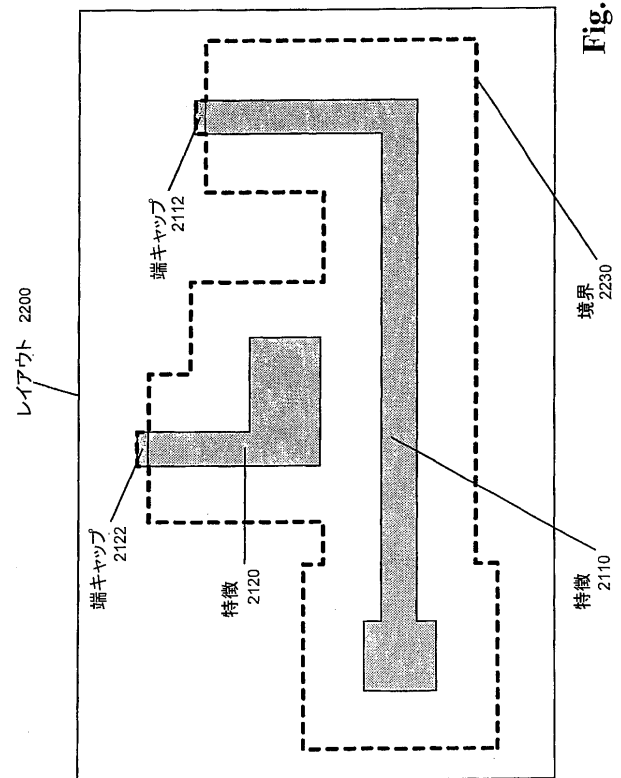
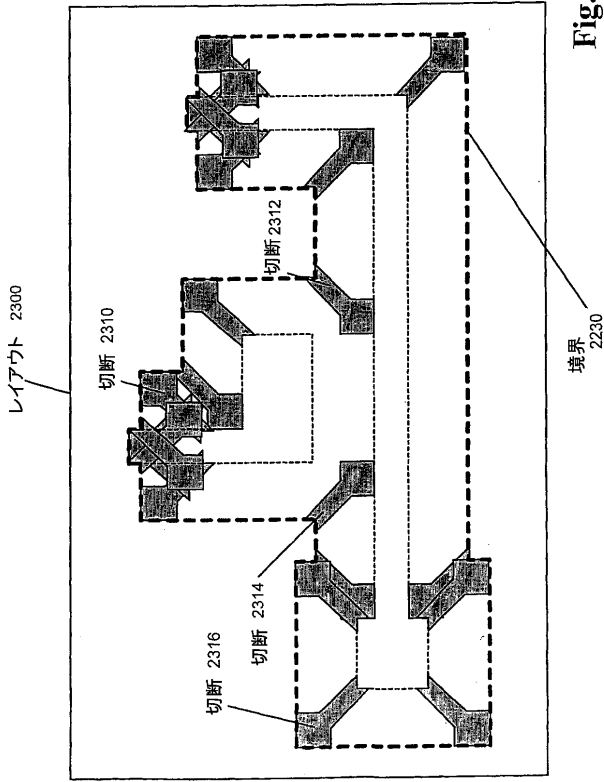
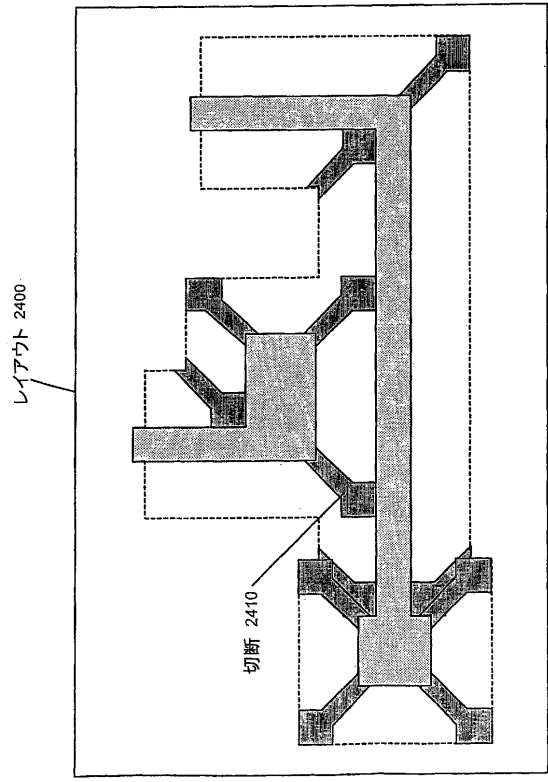


Fig. 22

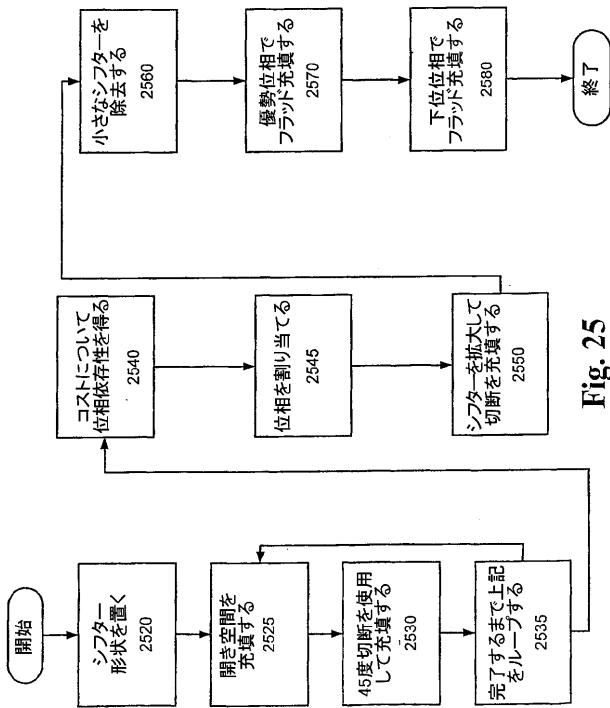
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



【 図 2 6 】

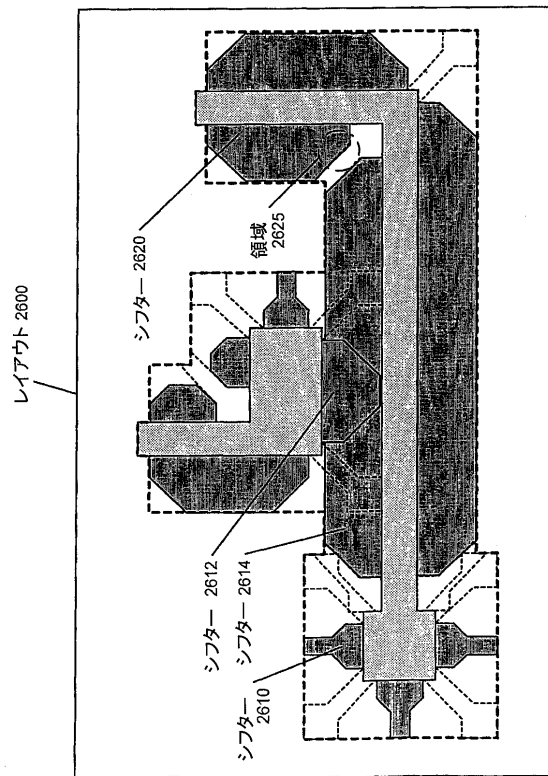


Fig. 24

Fig. 26

【 図 27 】

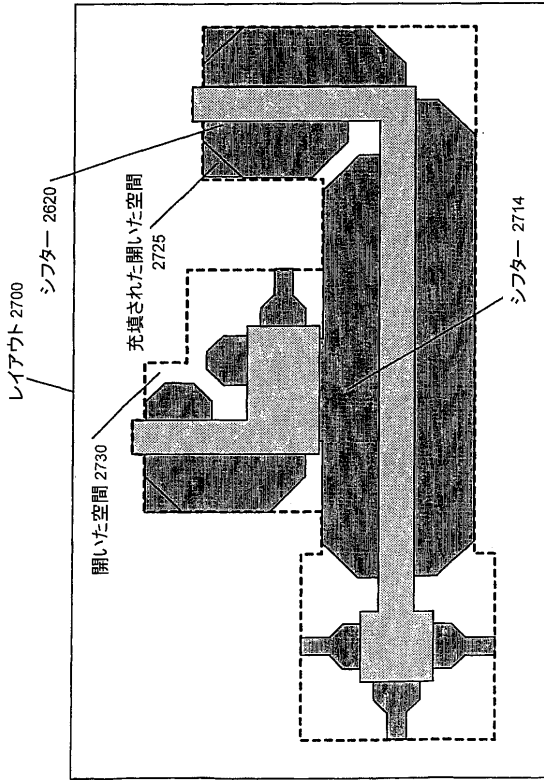


Fig. 27

【 図 28 】

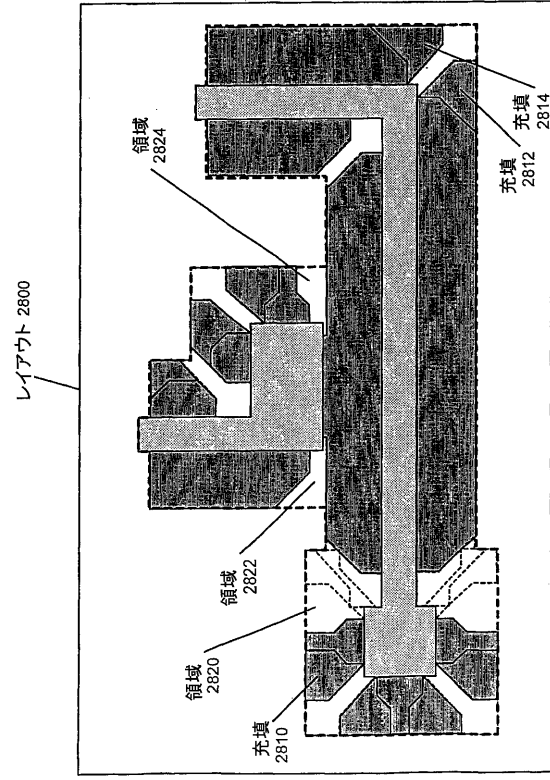


Fig. 28

【 図 29 】

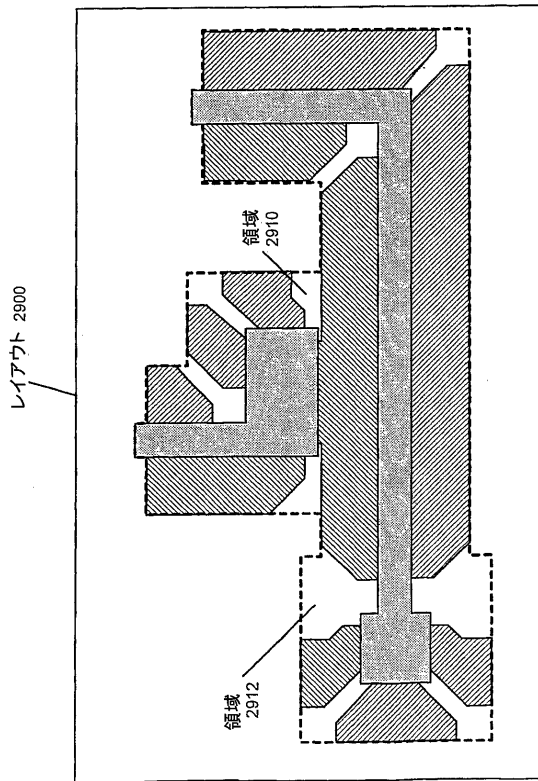


Fig. 29

【 図 30 】

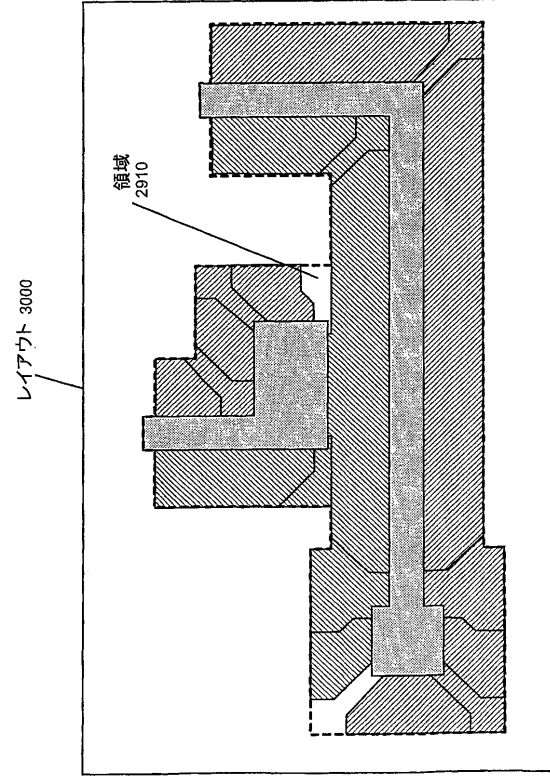


Fig. 30

【 図 3 1 】

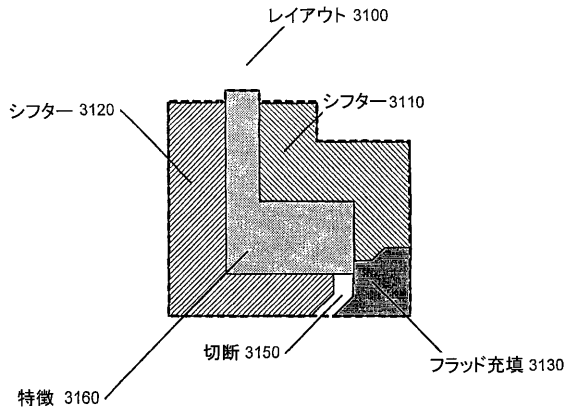


Fig. 31

【 図 3 2 】

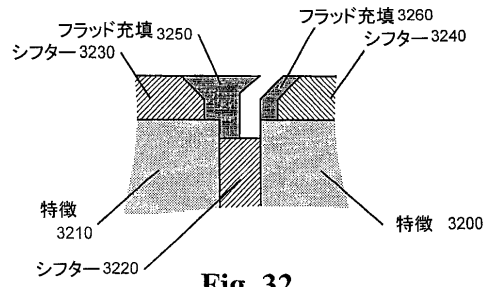


Fig. 32

【 図 3 3 】

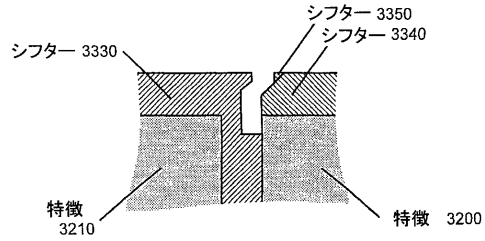


Fig. 33

【 図 3 4 】

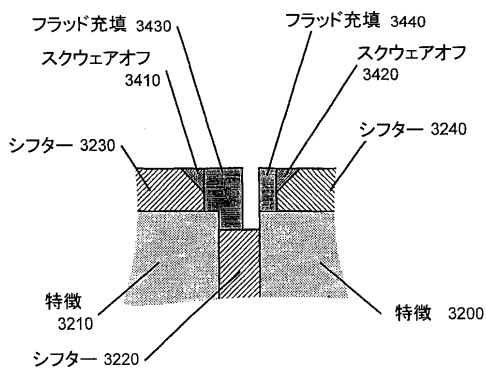


Fig. 34

【 図 3 5 】

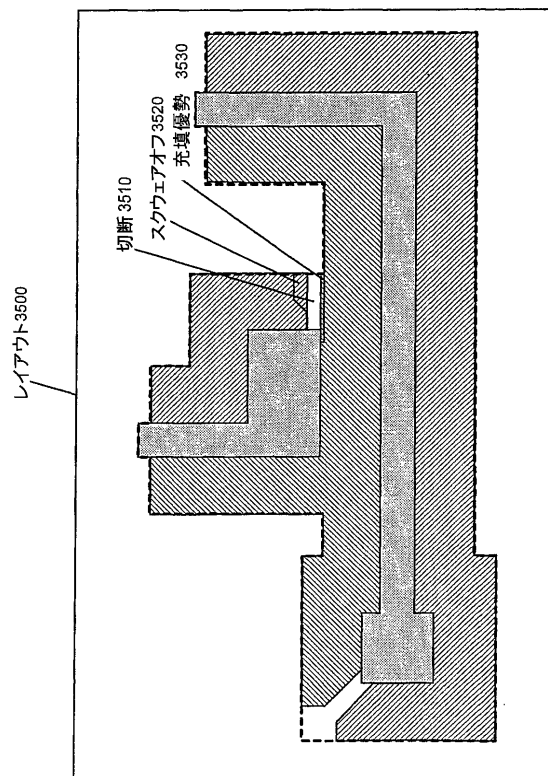


Fig. 35

【 図 3 6 】

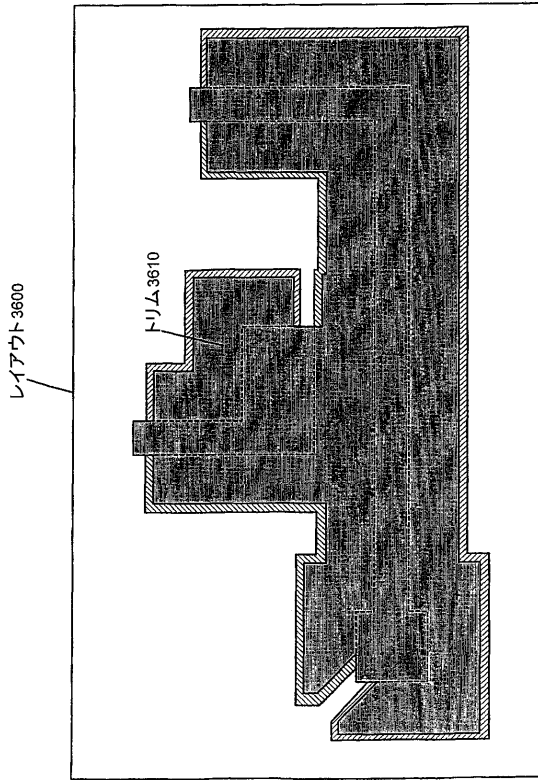


Fig. 36

【 図 3 7 】

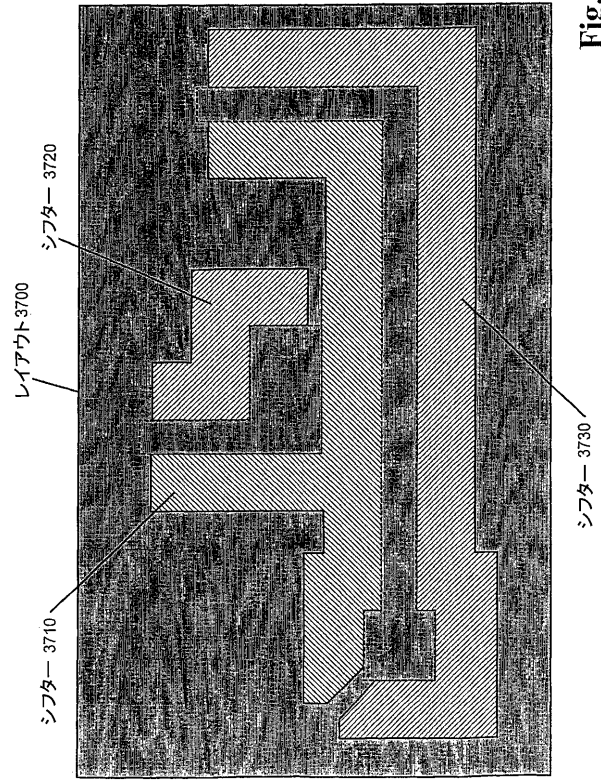


Fig. 37

【 図 3 8 】

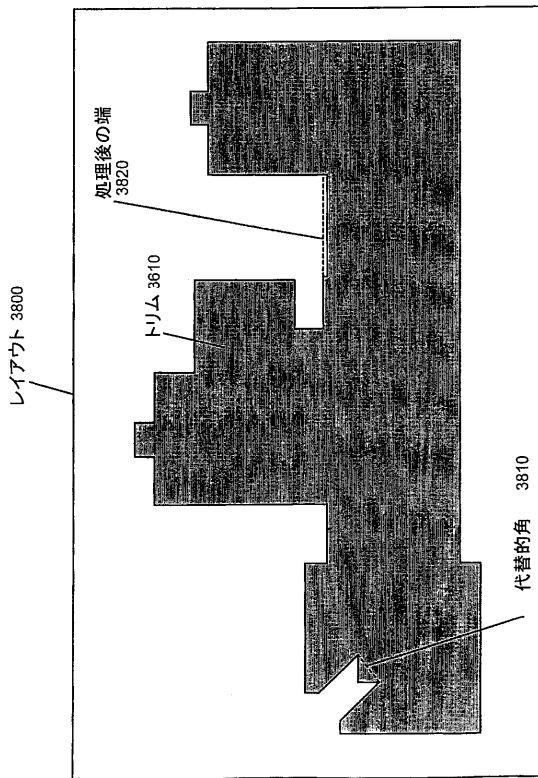


Fig. 38

【手続補正書】

【提出日】平成16年5月25日(2004.5.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

材料層を持つ集積回路を製造する方法であって、層がレイアウトにより記述されて、材料層の実質的に全てが位相シフティングを使用して定義されるものにおいて、

位相シフティングを使用して定義されるべきレイアウト中の複数の特徴を識別し、複数の特徴の各々は複数の端を含み、

複数の特徴の端の近くに複数のシフター形状を置き、複数の特徴は第1の端と第2の端を有する第1の特徴を含み、第1の端は第2の端に接続し、そして複数のシフター形状は第1の端上に置かれる第1シフター形状と第2の端上に置かれる第2シフター形状を含み、第1シフター形状と第2シフター形状とが最小距離により分離され、

複数の位相シフターを生成するために位相依存性とコストに従い複数のシフター形状に位相を割当て、

複数の位相シフターを洗練することを含む方法。

【請求項2】

複数のシフター形状を置くことがさらに、最大シフター面積、レイアウト中の複数の特徴を囲む最大シフター面積、複数のシフター形状が置かれるべき場所のレイアウト上の位置に対応した最大シフター面積を定義することを含む請求項1に記載の方法。

【請求項3】

第1シフター形状と第2シフター形状とが最小距離により分離されることがさらに、第1シフター形状と第2シフター形状との間に切断を許容できるように第1シフター形状と第2シフター形状とを置くことを含む請求項1に記載の方法。

【請求項4】

割当てることがさらに、特定の位相割当てを受容する相対的な品質を記述するために複数のコスト関数を使用し、複数のコスト関数は内側角コスト関数、外側角コスト関数、3つの端コスト関数、小さなシフター面積コスト関数、位相衝突コスト関数、及び複数層コスト関数の内の1つ又は複数を含む請求項1に記載の方法。

【請求項5】

洗練することがさらに、

同じ位相を持つ複数の位相シフター中に隣接位相シフターを併合し、

角を真っ直ぐにすることにより複数の位相シフター中に位相シフターを拡張し、

優勢又は下位の位相で隣接位相シフター間の開いた空間を充填することにより複数の位相シフター中に位相シフターを拡張し、そして

シフター形状を設計規則チェックに従うように調節する、

ことの1つ又は複数を含む請求項1に記載の方法。

【請求項6】

複数の特徴及び複数の位相シフターから複数のトリム形状を定義することをさらに含む請求項1に記載の方法。

【請求項7】

複数の位相シフターから第1マスクデータ・ファイルを生成し、

複数のトリム形状から第2マスクデータ・ファイルを生成することをさらに含む請求項6に記載の方法。

【請求項8】

置くことが、複数のシフター形状に対する最初のシフター形状を使用し、最初のシフタ

一形状が直方形の上に積み重ねられた台形を含み、直方形部分が特徴の端に直に隣接することを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

材料層の実質的に全てが位相シフティングを使用して定義されるものがさらに、複数の位相シフターにより層の非メモリ部分の少なくとも 80 パーセントが定義され；複数の位相シフターによりレイアウトのフロアプランの部分の少なくとも 80 パーセントが定義され；複数の位相シフターによりレイアウトの少なくとも 90 パーセントが定義され；複数の位相シフターによりレイアウトの重要な経路内の全ての特徴が定義され；複数の位相シフターにより位相衝突のために位相シフトできない特徴を除くレイアウト中の全ての特徴が定義され；複数の位相シフターによりテスト構造を除くレイアウト中の全てが定義され；及び、複数の位相シフターによりダミー構造を除くレイアウト中の全てが定義される、ことの中の 1 つ又は複数を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

ホトリソグラフィック・マスクを使用して形成されるべき層中の目標パターンを定義するためのホトリソグラフィック・マスクであって、目標パターンが複数の特徴を含むものであって、

以下の工程により定義される位相シフティング開口を有する暗いフィールド・マスクを含む、

複数の特徴の端の近くに複数のシフター形状を置き、複数の特徴は第 1 の端と第 2 の端を有する第 1 の特徴を含み、第 1 の端は第 2 の端に接続し、そして複数のシフター形状は第 1 の端上に置かれる第 1 シフター形状と第 2 の端上に置かれる第 2 シフター形状を含み、第 1 シフター形状と第 2 シフター形状とが最小距離により分離され、

複数の位相シフターを生成するために位相依存性とコストに従い複数のシフター形状に位相を割当て、

複数の位相シフターを洗練し、及び

ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を生成する、ホトリソグラフィック・マスク。

【請求項 11】

集積回路中の材料層内の目標パターンのホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を定義するための装置であって、目標パターンが複数の特徴を含み、

目標パターン内の複数の特徴の回りの最大シフター面積を定義するための手段と、

シフター形状が複数の特徴の端に沿って走り、そして切断を許容するために隣接するシフター形状間に空間を残すようにシフター形状が最大シフター面積内に置かれる、ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義中に複数のシフター形状を置くための手段と、

位相依存性とコストに従い複数のシフター形状に位相を割当てするための手段と、

シフター形状を洗練するための手段と、

複数のシフター形状を含むホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を出力するための手段と、

を含む装置。

【請求項 12】

コンピュータ読み取り可能な記憶媒体を含み、その中にホトリソグラフィック・マスクを使用して定義されるべき層中の目標パターンを定義するホトリソグラフィック・マスクの定義のためのコンピュータ読み取り可能な命令が記憶されていて、目標パターンが複数の特徴を含む、製造物において、

目標パターンにアクセスするための命令の第 1 組と、

目標パターン内の複数の特徴の回りの最大シフター面積を定義するための命令の第 2 組と、

シフター形状が複数の特徴の端に沿って走り、そして切断を許容するために隣接するシフター形状間に空間を残すようにシフター形状が最大シフター面積内に置かれる、ホトリ

ソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義中にシフター形状を置くための命令の第 3 組と、

位相依存性とコストに従い複数のシフター形状に位相を割当ててするための命令の第 4 組と

、シフター形状を洗練するための命令の第 5 組と、

ホトリソグラフィック・マスクのコンピュータ読み取り可能な定義を記憶するための命令の第 6 組と、

を含む製造物。

【請求項 1 3】

命令の第 4 組がさらに、特定の位相割当てを受容する相対的な品質を記述するために複数のコスト関数を使用するための命令組を含み、複数のコスト関数は内側角コスト関数、外側角コスト関数、3つの端コスト関数、小さなシフター面積コスト関数、位相衝突コスト関数、及び複数層コスト関数の内の1つ又は複数を含む請求項 1 2 に記載の製造物。

【請求項 1 4】

命令の第 4 組がさらに、位相割当てのために分岐及び限定を実行するための命令組を含む請求項 1 2 に記載の製造物。

【請求項 1 5】

命令の第 2 組がさらに、最大シフター面積を定義するために端キャップを除いて複数の特徴の回りの境界を成長させるための命令組を含む請求項 1 2 に記載の製造物。

【請求項 1 6】

命令の第 2 組がさらに、最小シフター面積と端キャップ切断保護を定義するための命令組を含み、最大シフター面積が端キャップ保護を考慮する請求項 1 2 に記載の製造物。

【請求項 1 7】

命令の第 2 組がさらに、複数の特徴を複数のグループにクラスター化するための命令組を含み、各グループが命令の第 3、第 4、及び第 5 組中の独立の並列処理に対して影響を受ける請求項 1 2 に記載の製造物。

【請求項 1 8】

命令の第 2 組がさらに、最小シフター面積と端キャップ切断保護を定義するための命令組を含み、最大シフター面積が端キャップ保護を保護する請求項 1 7 に記載の製造物。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/US 02/17668

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G03F1/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G03F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, IBM-TDB, COMPENDEX		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A X A	US 5 923 562 A (SAYAH ROBERT THOMAS ET AL) 13 July 1999 (1999-07-13) the whole document --- BERMAN P ET AL: "OPTIMAL PHASE CONFLICT REMOVAL FOR LAYOUT OF DARK FIELD ATERNATING PHASE SHIFTING MASKS" IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER AIDED DESIGN OF INTEGRATED CIRCUITS AND SYSTEMS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 19, no. 2, February 2000 (2000-02), pages 175-187, XP002935087 ISSN: 0278-0070 --- -/--	23-25
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 25 August 2003		Date of mailing of the international search report 01/09/2003
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Haensch, U

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US 02/17668

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KAHNG A B ET AL: "New graph bipartizations for double-exposure, bright field alternating phase-shift mask layout" PROCEEDINGS OF THE ASP-DAC 2001. ASIA AND SOUTH PACIFIC DESIGN AUTOMATION CONFERENCE 2001 (CAT. NO.01EX455), PROCEEDINGS OF THE ASP-DAC 2001. ASIA AND SOUTH PACIFIC DESIGN AUTOMATION CONFERENCE 2001, YOKOHAMA, JAPAN, 30 JAN.-2 FEB. 2001, pages 133-138, XP010537792 2001, Piscataway, NJ, USA, IEEE, USA ISBN: 0-7803-6633-6 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/US 02/17668

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5923562 A	13-07-1999	IL 120573 A	26-07-2000
		JP 10125570 A	15-05-1998

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 10/085,759

(32)優先日 平成14年2月28日(2002.2.28)

(33)優先権主張国 米国(US)

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN, TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE, GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 コート ミチエル ルク

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95148 サン ホセ リュ ミラスー 3800

(72)発明者 ピエラ クリストフ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95051 サンタ クララ ロックハースト コート 2061

Fターム(参考) 2H095 BB02 BB03 BB36 BC09