

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2011-170621
(P2011-170621A)

(43) 公開日 平成23年9月1日(2011.9.1)

(51) Int.Cl.
G06F 17/50 (2006.01)
H01L 21/82 (2006.01)

F I
G06F 17/50 666Y
H01L 21/82 C
H01L 21/82 W

テーマコード (参考)
5B046
5F064

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2010-33812 (P2010-33812)	(71) 出願人	302062931 ルネサスエレクトロニクス株式会社 神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地
(22) 出願日	平成22年2月18日 (2010.2.18)	(74) 代理人	100102864 弁理士 工藤 実
		(72) 発明者	那須 照広 神奈川県横浜市神奈川区金港町 3 番地 1 NECマイクロシステム株式会社内
		Fターム(参考)	5B046 AA08 BA06 FA06 JA01 5F064 BB35 EE08 EE10 EE16 HH01 HH06 HH10

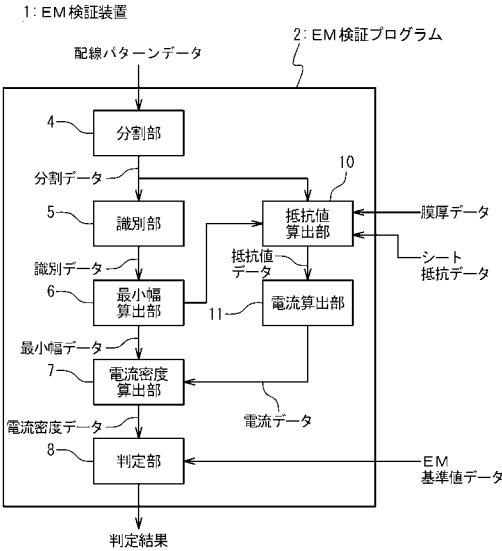
(54) 【発明の名称】 エレクトロマイグレーション検証装置

(57) 【要約】

【課題】 検証精度を高めることのできるエレクトロマイグレーション検証装置を提供する。

【解決手段】 前記複数の矩形図形が段差状に接続されている部分をオフセット接続部として識別し、前記オフセット接続部を示すオフセット接続部データを生成する、識別部と、前記オフセット接続部データに基づいて、前記オフセット接続部における最小配線幅を算出し、前記最小配線幅を示す最小幅データを生成する、最小幅算出部と、前記オフセット接続部を流れる電流値と、前記最小配線幅とに基づいて、前記オフセット接続部における電流密度を算出し、算出された電流密度を示す電流密度データを生成する、電流密度算出部と、前記電流密度データに基づいて、前記電流密度を予め設定された基準値と比較し、比較結果に基づいて、エレクトロマイグレーションが発生するか否かを判定する、判定部と、を具備する。

【選択図】 図 4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検証対象の配線パターンを示す配線パターンデータを取得し、前記配線パターンデータに基づいて、前記配線パターンを、複数の矩形図形を含む複数の基準図形に分割し、前記複数の基準図形を示す分割データを生成する分割部と、

前記分割データに基づいて、前記複数の矩形図形が段差状に接続されている部分をオフセット接続部として識別し、前記オフセット接続部を示すオフセット接続部データを生成する、識別部と、

前記オフセット接続部データに基づいて、前記オフセット接続部における最小配線幅を算出し、前記最小配線幅を示す最小幅データを生成する、最小幅算出部と、

前記オフセット接続部を流れる電流値と、前記最小配線幅とに基づいて、前記オフセット接続部における電流密度を算出し、算出された電流密度を示す電流密度データを生成する、電流密度算出部と、

前記電流密度データに基づいて、前記電流密度を予め設定された基準値と比較し、比較結果に基づいて、エレクトロマイグレーションが発生するか否かを判定する、判定部と、を具備する

エレクトロマイグレーション検証装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載されたエレクトロマイグレーション検証装置であって、

前記識別部は、前記オフセット接続部として、第 1 方向に沿って伸びる第 1 矩形図形と、前記第 1 方向に沿って伸びる第 2 矩形図形と、前記第 1 矩形図形と前記第 2 矩形図形とを接続する第 3 矩形図形とを有する部分を識別し、

前記第 1 矩形図形と前記第 2 矩形図形とは、前記第 1 方向に直交する第 2 方向に沿う幅が同じであり、

前記第 1 矩形図形と前記第 2 矩形図形とは、前記第 2 方向において、距離 δ だけずれており、

前記第 1 矩形図形は、前記第 1 方向に沿って伸びる第 1 辺及び第 2 辺を有し、

前記第 2 矩形図形は、前記第 1 方向に沿って伸びる第 3 辺及び第 4 辺を有し、

前記第 3 辺は、前記第 1 辺と連続する辺であり、

前記第 4 辺は、前記第 2 辺と連続する辺であり、

前記第 1 辺における前記第 3 矩形図形側の端部が、第 1 頂点と定義され、

前記第 2 辺における前記第 3 矩形図形側の端部が、第 2 頂点と定義され、

前記第 3 辺における前記第 3 矩形図形側の端部が、第 3 頂点と定義され、

前記第 4 辺における前記第 3 矩形図形側の端部が、第 4 頂点と定義され、

前記第 3 矩形図形は、前記第 1 頂点と前記第 2 頂点とを通る直線、前記第 1 辺の延長線、前記第 4 辺の延長線、及び前記第 3 頂点と前記第 4 頂点とを通る直線とによって形成される図形である

エレクトロマイグレーション検証装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載されたエレクトロマイグレーション検証装置であって、

前記最小幅算出部は、前記第 1 頂点と前記第 2 頂点とを結ぶ第 1 線分と、前記第 3 頂点と前記第 4 頂点とを結ぶ第 2 線分との間の距離を、前記最小配線幅として算出する

エレクトロマイグレーション検証装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載されたエレクトロマイグレーション検証装置であって、

前記最小幅算出部は、前記第 1 頂点と前記第 2 頂点とを結ぶ線分の中点を第 1 中点として識別し、前記第 3 頂点と前記第 4 頂点とを結ぶ線分の中点を第 2 中点として識別し、前記第 1 中点と前記第 2 中点とを結ぶ線分を中心線として識別し、前記中心線に直交し、前記第 1 線分及び前記第 2 線分と交わる線を、直交線として識別し、前記直交線と前記第 1 線分との交点と、前記直交線と前記第 2 線分との交点との間の距離を、前記最小配線幅と

10

20

30

40

50

して算出する

エレクトロマイグレーション検証装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 の何れかに記載されたエレクトロマイグレーション検証装置であって、
前記識別部は、前記オフセット接続部として、第 3 方向に沿って伸びる第 4 矩形図形と、
前記第 3 方向に沿って伸びる第 5 矩形図形とを含む部分を識別し、

前記第 4 矩形図形は、前記第 3 方向に直交する第 4 方向に沿って伸びる、第 5 辺を有し、
前記第 5 矩形図形は、前記第 4 方向に沿って延び、前記第 5 辺の一部と重なる第 6 辺を有し、

前記最小幅算出部は、前記第 5 辺と前記第 6 辺とが重なっている部分の距離を、前記最小配線幅として算出する

エレクトロマイグレーション検証装置。

【請求項 6】

コンピュータにより、検証対象の配線パターンを示す配線パターンデータを取得し、前記配線パターンデータに基づいて、前記配線パターンを、複数の矩形図形を含む複数の基準図形に分割し、前記複数の基準図形を示す分割データを生成するステップと、

コンピュータにより、前記分割データに基づいて、前記複数の矩形図形が段差状に接続されている部分をオフセット接続部として識別し、前記オフセット接続部を示すオフセット接続部データを生成するステップと、

コンピュータにより、前記オフセット接続部データに基づいて、前記オフセット接続部における最小配線幅を算出し、前記最小配線幅を示す最小幅データを生成するステップと、

コンピュータにより、前記オフセット接続部を流れる電流値と、前記最小配線幅とに基づいて、前記オフセット接続部における電流密度を算出し、算出された電流密度を示す電流密度データを生成するステップと、

コンピュータにより、前記電流密度データに基づいて、前記電流密度を予め設定された基準値と比較し、比較結果に基づいて、エレクトロマイグレーションが発生するか否かを判定するステップと、

を具備する

エレクトロマイグレーション検証方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載されたエレクトロマイグレーション検証方法であって、

前記オフセット接続部データを生成するステップは、前記オフセット接続部として、第 1 方向に沿って伸びる第 1 矩形図形と、前記第 1 方向に沿って伸びる第 2 矩形図形と、前記第 1 矩形図形と前記第 2 矩形図形とを接続する第 3 矩形図形とを有する部分を識別するステップを含んでおり、

前記第 1 矩形図形と前記第 2 矩形図形とは、前記第 1 方向に直交する第 2 方向に沿う幅が同じであり、

前記第 1 矩形図形と前記第 2 矩形図形とは、前記第 2 方向において、距離 δ だけずれており、

前記第 1 矩形図形は、前記第 1 方向に沿って伸びる第 1 辺及び第 2 辺を有し、

前記第 2 矩形図形は、前記第 1 方向に沿って伸びる第 3 辺及び第 4 辺を有し、

前記第 3 辺は、前記第 1 辺と連続する辺であり、

前記第 4 辺は、前記第 2 辺と連続する辺であり、

前記第 1 辺における前記第 3 矩形図形側の端部が、第 1 頂点と定義され、

前記第 2 辺における前記第 3 矩形図形側の端部が、第 2 頂点と定義され、

前記第 3 辺における前記第 3 矩形図形側の端部が、第 3 頂点と定義され、

前記第 4 辺における前記第 3 矩形図形側の端部が、第 4 頂点と定義され、

前記第 3 矩形図形は、前記第 1 頂点と前記第 2 頂点と通る直線、前記第 1 辺の延長線、

10

20

30

40

50

前記第 4 辺の延長線、及び前記第 3 頂点と前記第 4 頂点とを通る直線とによって形成される図形である

エレクトロマイグレーション検証方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載されたエレクトロマイグレーション検証方法であって、

前記最小幅データを生成するステップは、前記第 1 頂点と前記第 2 頂点とを結ぶ第 1 線分と、前記第 3 頂点と前記第 4 頂点とを結ぶ第 2 線分との間の距離を、前記最小配線幅として算出するステップを含んでいる

エレクトロマイグレーション検証方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載されたエレクトロマイグレーション検証方法であって、

前記最小配線幅として算出するステップは、

前記第 1 頂点と前記第 2 頂点とを結ぶ線分の中点を第 1 中点として識別するステップと、

前記第 3 頂点と前記第 4 頂点とを結ぶ線分の中点を第 2 中点として識別するステップと、

前記第 1 中点と前記第 2 中点とを結ぶ線分を中心線として識別するステップと、

前記中心線に直交し、前記第 1 線分及び前記第 2 線分と交わる線を、直交線として識別するステップと、

前記直交線と前記第 1 線分との交点と、前記直交線と前記第 2 線分との交点との間の距離を、前記最小配線幅として算出するステップとを含んでいる

エレクトロマイグレーション検証方法。

【請求項 10】

請求項 6 乃至 9 の何れかに記載されたエレクトロマイグレーション検証方法であって、

前記オフセット接続部データを生成するステップは、前記オフセット接続部として、第 3 方向に沿って伸びる第 4 矩形図形と、前記第 3 方向に沿って伸びる第 5 矩形図形とを含む部分を識別するステップを含んでおり、

前記第 4 矩形図形は、前記第 3 方向に直交する第 4 方向に沿って伸びる、第 5 辺を有し、

前記第 5 矩形図形は、前記第 4 方向に沿って延び、前記第 5 辺の一部と重なる第 6 辺を有し、

前記最小幅データを生成するステップは、前記第 5 辺と前記第 6 辺とが重なっている部分の距離を、前記最小配線幅として算出するステップを含んでいる

エレクトロマイグレーション検証方法。

【請求項 11】

請求項 6 乃至 10 の何れかに記載されたエレクトロマイグレーション検証方法をコンピュータにより実現するための、エレクトロマイグレーション検証プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エレクトロマイグレーション検証装置、エレクトロマイグレーション検証方法、及びエレクトロマイグレーション検証プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

LSI (Large Scale Integration) の大規模化が進むに伴い、金属配線の微細化が進んでいる。その結果、金属配線を通る電流の電流密度が増加している。電流密度が高い場合、エレクトロマイグレーション（以下、EM と記載される）により、金属配線が経年劣化することがある。LSI の配線パターンを設計する場合、EM の観点から、設計対象の配線パターンに問題があるか否かが、検証される。

【0003】

10

20

30

40

50

EMの検証を行なう場合、配線パターンの配線幅と膜厚から配線パターンの断面積が決定され、単位面積あたりの電流密度が計算される。そして、計算された電流密度が予め設定された基準値（EM基準値）と比較され、電流密度がEM基準値を超えているか否かが検証される。

【0004】

関連技術が、特許文献1（特公平7-31692）に記載されている。この公報には、矩形及び多角形の図形データからなる配線パターンのレイアウトデータを電流方向に対して基本図形に分割する点、これら各図形を直線、コーナ分岐およびコンタクトの各々簡単な図形要素に分割する点、これら図形要素毎に配線抵抗をそれぞれ算出する点、及び配線パターンの全抵抗値を算出する点が記載されている。ここで、基本図形は矩形図形である。配線抵抗Rは、矩形図形の幅Wと、矩形図形の長さLと、シート抵抗率ρとを用いて、 $R = \rho \times L / W$ という計算式により算出される。

10

【0005】

他の関連技術が、特許文献2（特開2006-210661）に記載されている。この公報には、半導体集積回路内における配線幅の制約を設定する箇所を選択する第1工程と、半導体集積回路について回路シミュレーションを実行する第2工程と、回路シミュレーションの実行により配線幅の制約値を決定する第3工程と、半導体集積回路の接続情報を作成する第4工程と、第3工程において決定した制約値を基に配線幅の制約を検証するルールを作成する第5工程と、接続情報に応じたレイアウトデータを作成する第6工程と、レイアウトデータが第3工程により決定した制約値に基づき作成されているか否かを検証する第7工程とを有することを特徴とする半導体集積回路の設計方法が記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特公平7-31692

【特許文献2】特開2006-210661

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

電流密度は、配線パターンを流れる電流と、配線パターンの配線幅とに基づいて、求めることができる。電流密度は、配線幅が小さい部分で高くなる。従って、配線幅が最も小さい部分における電流密度を求め、求めた電流密度が基準値を超えているか否かが検証される。EMを正確に検証するためには、配線パターンの最小配線幅を正確に求め、最小配線幅部分における電流密度を正確に求めることが重要である。

30

【0008】

ところで、検証対象の配線パターンには、配線が段差状に伸びている部分が存在することがある。そのような部分では、実質的な配線幅を正確に求めることが困難であり、電流密度を正確に知ることが困難である。以下に、この点について説明する。

【0009】

図1Aは、段差状に伸びる配線パターンP51の一例を示す図である。図1Aに示されるように、配線パターンP51は、第1方向に沿って伸びている。配線パターンP51は、幅L53を有する部分と、幅L54を有する部分とを備えている。これらは、配線パターンP51の両側部に、段差L51及び段差L52が形成されるように、接続されている。尚、段差L51及び段差L52は、第1方向上における同じ位置に形成されている。

40

【0010】

図1Aに示される配線パターンP51を複数の矩形図形に分割し、各矩形図形の幅に基づいて電流密度を算出する場合について考える。配線パターンP51を複数の矩形図形に分割すると、図1Bに示されるように、幅L53を有する矩形図形P52と、幅L54を有する矩形図形P53とが得られる。矩形図形P52の電流密度は、幅L53を用いて算出される。また、矩形図形P53における電流密度は、幅L54を用いて算出される。

50

【 0 0 1 1 】

しかしながら、配線パターン P 5 1 の最小配線幅は、図 1 C に示されるように、矩形図形 P 5 2 と P 5 3 とが接している部分の幅 L 5 5 である。実際の電流密度は、この幅 L 5 5 の部分で、最も高くなる。したがって、この幅 L 5 5 を用いて算出された電流密度に基づいて、E M の検証が行われるべきである。上述のように、幅 L 5 3 及び幅 L 5 4 を用いて電流密度を計算した場合には、実際の最小配線幅が電流密度に反映されない。すなわち、配線幅が実際よりも太い値として認識されてしまい、E M が発生する可能性を見逃してしまう可能性がある。

【 0 0 1 2 】

図 2 A は、段差状に伸びる配線パターン P 6 1 の他の一例を示す図である。図 2 A に示されるように、配線パターン P 6 1 は、第 1 方向に沿って伸びている。配線パターン P 6 1 は、幅 L 6 4 を有する部分と、幅 L 6 5 を有する部分とを備えている。これらは、配線パターン P 5 1 の両側部に、段差 L 6 1 及び段差 L 6 2 が形成されるように、接続されている。ただし、図 1 A に示した例とは異なり、段差 L 6 1 と段差 L 6 2 とは、第 1 方向上における位置が、距離 L 6 3 だけずれている。距離 L 6 3 は、L 6 4 及び L 6 5 よりも、短いものとする。

【 0 0 1 3 】

図 2 A に示される配線パターン P 6 1 を複数の矩形図形に分割し、各矩形図形の幅に基づいて電流密度を算出する場合について考える。配線パターン P 6 1 を複数の矩形図形に分割すると、図 2 B に示されるように、幅 L 6 4 を有する矩形図形 P 6 2、幅 L 6 3 を有する矩形図形 P 6 3、及び幅 L 6 5 を有する矩形図形 P 6 4 が得られる。このとき、矩形図形 P 6 2 の電流密度は、幅 L 6 4 を用いて算出される。矩形図形 P 6 3 における電流密度は、幅 L 6 3 を用いて算出される。矩形図形 P 6 4 の電流密度は、幅 L 6 5 を用いて算出される。幅 L 6 3 が、幅 L 6 4 及び L 6 5 それぞれよりも小さい場合、この配線パターン P 6 1 の電流密度は、矩形図形 P 6 3 の部分で最も高くなる。従って、矩形図形 P 6 3 における電流密度が基準値を超えているか否かが、検証される。すなわち、幅 L 6 3 に基づいて求められた電流密度が、E M の検証に用いられる。

【 0 0 1 4 】

しかしながら、矩形図形 P 6 3 における実質的な最小配線幅は、幅 L 6 3 よりも太いものと考えられる。図 2 C は、矩形図形 P 6 3 における実質的な最小配線幅 L 6 6 を説明するための図である。図 2 C に示されるように、矩形図形 P 6 2 の 4 つの頂点のうち、矩形図形 P 6 3 の辺の途中に接している頂点が、頂点 V 6 1 と記載される。また、矩形図形 P 6 4 の 4 つの頂点のうち、矩形図形 P 6 3 の辺の途中に接している頂点が、頂点 V 6 2 と記載される。矩形図形 P 6 3 における最小配線幅 L 6 6 は、頂点 V 6 1 と頂点 V 6 2 との間の距離 L 6 6 であると考えられる。ピタゴラスの定理により、L 6 6 は、以下の数式 1 及び 2 により、計算できる。

$$(\text{数式 1}) ; L 6 6 ^ 2 = L 6 3 ^ 2 + (L 6 4 - L 6 1) ^ 2$$

$$(\text{数式 2}) ; L 6 6 = \sqrt { L 6 3 ^ 2 + (L 6 4 - L 6 1) ^ 2 }$$

【 0 0 1 5 】

従って、矩形図形 P 6 3 における電流密度を幅 L 6 3 を用いて算出した場合には、最小配線幅として実際よりも小さい値が用いられていることになる。その結果、本来ならば問題の無い部分が、E M が発生する可能性がある」と判定されてしまう可能性がある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 6 】

本発明に係るエレクトロマイグレーション検証装置は、検証対象の配線パターンを示す配線パターンデータを取得し、前記配線パターンデータに基づいて、前記配線パターンを、複数の矩形図形を含む複数の基準図形に分割し、前記複数の基準図形を示す分割データを生成する分割部と、前記分割データに基づいて、前記複数の矩形図形が段差状に接続されている部分をオフセット接続部として識別し、前記オフセット接続部を示すオフセット接続部データを生成する、識別部と、前記オフセット接続部データに基づいて、前記オフ

10

20

30

40

50

セット接続部における最小配線幅を算出し、前記最小配線幅を示す最小幅データを生成する、最小幅算出部と、前記オフセット接続部を流れる電流値と、前記最小配線幅とに基づいて、前記オフセット接続部における電流密度を算出し、算出された電流密度を示す電流密度データを生成する、電流密度算出部と、前記電流密度データに基づいて、前記電流密度を予め設定された基準値と比較し、比較結果に基づいて、エレクトロマイグレーションが発生するか否かを判定する、判定部とを具備する。

【0017】

本発明に係るエレクトロマイグレーション検証方法は、コンピュータにより、検証対象の配線パターンを示す配線パターンデータを取得し、前記配線パターンデータに基づいて、前記配線パターンを、複数の矩形図形を含む複数の基準図形に分割し、前記複数の基準図形を示す分割データを生成するステップと、コンピュータにより、前記分割データに基づいて、前記複数の矩形図形が段差状に接続されている部分をオフセット接続部として識別し、前記オフセット接続部を示すオフセット接続部データを生成するステップと、コンピュータにより、前記オフセット接続部データに基づいて、前記オフセット接続部における最小配線幅を算出し、前記最小配線幅を示す最小幅データを生成するステップと、コンピュータにより、前記オフセット接続部を流れる電流値と、前記最小配線幅とに基づいて、前記オフセット接続部における電流密度を算出し、算出された電流密度を示す電流密度データを生成するステップと、コンピュータにより、前記電流密度データに基づいて、前記電流密度を予め設定された基準値と比較し、比較結果に基づいて、エレクトロマイグレーションが発生するか否かを判定するステップとを具備する。

10

20

【0018】

本発明に係るエレクトロマイグレーション検証プログラムは、上述のエレクトロマイグレーション検証方法をコンピュータにより実現するためのプログラムである。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、配線が段差状に伸びている部分が存在していても、エレクトロマイグレーションを正確に検証することのできる、エレクトロマイグレーション検証装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0020】

30

【図1A】段差状に伸びる配線パターンの一例を示す図である。

【図1B】分割された配線パターンを示す図である。

【図1C】分割された配線パターンを示す図である。

【図2A】段差状に伸びる配線パターンの一例を示す図である。

【図2B】分割された配線パターンを示す図である。

【図2C】分割された配線パターンを示す図である。

【図3】EM検証システムを示す概略図である。

【図4】EM検証装置を示す機能ブロック図である。

【図5】EM検証装置の概略動作を示すフローチャートである。

【図6】EM検証装置の動作方法を詳細に示すフローチャートである。

40

【図7A】EM検証装置の動作方法を説明するための説明図である。

【図7B】EM検証装置の動作方法を説明するための説明図である。

【図7C】EM検証装置の動作方法を説明するための説明図である。

【図8A】第1のオフセット接続部を示す図である。

【図8B】第2のオフセット接続部を示す図である。

【図9】EM検証装置の動作方法を詳細に示すフローチャートである。

【図10】第1線分及び第2線分を説明するための図である。

【図11】第1頂点及び第2頂点を説明するための図である。

【図12】直交線を説明するための図である。

【図13】垂線L49の長さを説明するための図である。

50

【図 1 4】第 2 オフセット接続部の最小配線幅を説明するための説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下に、図面を参照しつつ、本発明の実施形態について説明する。

【0022】

図 3 は、本実施形態に係る E M 検証システムを示す概略図である。この E M 検証システムは、記憶装置 F 1 を有するコンピュータ装置 F 2 (E M 検証装置 1)、記憶媒体 F 4 を有するサーバ F 3、及びインターネットなどに例示されるネットワーク F 5 を備えている。E M 検証装置 1 とサーバ F 3 とは、ネットワーク F 5 を介して接続されている。

【0023】

記憶媒体 F 4 には、E M 検証プログラム、配線パターンデータ、及び設定ファイルが格納されている。配線パターンデータは、検証対象の配線パターンを示すデータである。設定ファイルは、予め準備されたデータ群であり、E M 基準値、シート抵抗値 ρ 、及び配線膜厚データ等のデータを含んでいる。E M 基準値は、経年劣化により E M が発生する可能性の有無を判断する際に用いられる基準値であり、電流密度によって表されている。

【0024】

この E M 検証システムでは、E M 検証装置 1 が、記憶媒体 F 4 に格納されている E M 検証プログラムをダウンロードする。そして、E M 検証装置 1 は、ダウンロードした E M 検証プログラムを記憶装置 F 1 に格納する。E M 検証装置 1 においては、C P U が E M 検証プログラムを実行することにより、E M の検証が行われる。

【0025】

図 4 は、E M 検証装置 1 を示す機能ブロック図である。図 4 に示されるように、E M 検証装置 1 は、分割部 4、識別部 5、最小幅算出部 6、電流密度算出部 7、抵抗値算出部 10、及び電流算出部 11 を備えている。これらは、C P U が E M 検証プログラムを実行することにより、実現される。

【0026】

以下に、E M 検証装置 1 の概略的な動作を説明する。図 5 は、E M 検証装置 1 の概略動作を示すフローチャートである。

【0027】

ステップ S 1 ; 配線パターンデータの読み込み

まず、分割部 4 が、記憶媒体 F 4 (図 3 参照) にアクセスして、配線パターンデータを読み込む。

【0028】

ステップ S 2 ; 分割

次いで、分割部 4 は、配線パターンデータに基づいて、配線パターンを、複数の矩形図形を含む複数の基準図形に分割し、分割データを生成する。

【0029】

図 6 は、本ステップにおける動作を詳細に示すフローチャートである。また、図 7 A 乃至図 7 C は、本ステップにおける動作を説明するための説明図である。分割部 4 が、ステップ S 1 において、図 7 A に示されるような配線パターン W 1 を示す配線パターンデータを読み込んだとする。ここで、図 7 A には、X 方向と、X 方向に直交する Y 方向とが定義されている。配線パターン W 1 は、X 方向に沿う線、及び Y 方向に沿う線により、表現されているものとする。

【0030】

この場合、まず、配線パターン W 1 の各頂点から、切線が引かれる。切線は、X 方向及び Y 方向に沿って、引かれる。図 7 B には、切線が引かれた後の配線パターン W 1 が示されている。図 7 B に示されるように、各頂点から、切線 (S 1 ~ S 18) が引かれている (ステップ S 2 - 1) 。

【0031】

次いで、互いに交差する切線同士のうち、長い方の切線が消去される。これにより、配

10

20

30

40

50

線パターンW 1は、互いに交わらない切線により、分割される。図7Bに示される配線パターンW 1では、切線S 6及び切線S 7が消去される(ステップS 2 - 2)。

【0032】

次いで、隣り合う平行な切線同士が選択される。図7Bに示される例では、切線S 1及びS 2、切線S 5及びS 8、等が、隣り合う平行な切線同士として選択される。そして、選択された各切線の長さ、と、選択された切線に直交する方向における配線パターンW 1の長さ(幅)とが比較される。そして、「各切線の長さ」/「配線パターンW 1の長さ」がある一定値(例えば1)以上のとき、選択された切線が消去される。図7Bに示される例では、切線S 1及びS 2、切線S 11及びS 12、切線S 17及びS 18が、消去される。尚、切線S 5及びS 8は、「各切線の長さ」/「配線パターンW 1の長さ」が一定値以上ではないので、消去されてない。その結果、図7Cに示されるように、配線パターンW 1は、切線S 3、S 4、S 5、S 8、S 9、S 10、S 13、S 14、S 15、及びS 14によって、複数の基準図形に分割される。この複数の基準図形は、複数の矩形図形を含んでいる(ステップS 2 - 3)。

10

【0033】

ステップS 3 ; 各図形の認識

次いで、識別部5が、分割データを取得する。識別部5は、複数の基準図形の各々が、配線パターンのうちのどのような部分に対応する図形であるかを認識する。具体的には、各基準図形は、直線部分、コーナ部分、分岐部分、及びオフセット接続部分の何れかに分類される。そして、識別部5は、各矩形図形がどの部分に分類されるかを示す識別データを生成する。尚、オフセット接続部分とは、配線パターンが段差状に伸びている部分である。オフセット接続部分に関する詳細は、後述する。

20

【0034】

ステップS 4 ; 最小幅の算出

続いて、最小幅算出部6が、識別データに基づいて、各基準図形の最小配線幅を算出する。この際、各基準図形の最小配線幅は、その基準図形が分類される部分に応じた手法により、算出される。

【0035】

ステップS 5 ; 抵抗値の算出

続いて、抵抗値算出部10が、分割データに基づいて、各基準図形の抵抗値を算出する。具体的には、抵抗値算出部10は、各基準図形の幅及び長さを求める。更に、抵抗値算出部10は、記憶媒体F 4(図3参照)から、配線膜厚データ及びシート抵抗値 ρ を取得する。そして、抵抗値算出部10は、各基準図形の幅及び長さ、配線膜厚、及びシート抵抗値 ρ に基づいて、各基準図形の抵抗値を算出する。更に、抵抗値算出部10は、複数の基準図形の抵抗値を累算し、全体抵抗値を求める。抵抗値算出部10は、算出した全体抵抗値を示す抵抗値データを生成する。

30

【0036】

ステップS 6 ; 電流の算出

次いで、電流算出部11が、抵抗値データに基づいて、配線パターンを流れる電流の値を算出する。電流は、配線パターンの両端間の電圧などに基づいて、オームの法則により、算出することができる。電圧などのデータに関しては、例えば、記憶媒体F 4の設定ファイルに予め格納されていればよい。電流算出部11は、算出した電流の値を示す電流データを生成する。

40

【0037】

ステップS 7 ; 電流密度の算出

次いで、電流密度算出部7が、最小幅データと電流データとに基づいて、各基準図形における電流密度を計算する。具体的には、電流密度算出部7は、記憶媒体F 4の設定ファイルを参照することにより、配線膜厚を取得する。そして、ステップS 4で求められた最小配線幅と、配線膜厚とに基づいて、配線パターンの断面積が求められる。更に、ステップS 6で算出された電流値と、断面積とに基づいて、電流密度が算出される。すなわち、

50

電流密度は、下記式を用いて、算出される。

(式) ; 電流密度 = 電流 / (最小配線幅 × 配線膜厚)

電流密度算出部は、計算した電流密度を示す電流密度データを生成する。

【 0 0 3 8 】

ステップ S 8 ; 判定

次いで、判定部 8 は、電流密度データを取得すると、記憶媒体 F 4 に格納された E M 基準値データを参照する。そして、各基準図形について計算された電流密度を、E M 基準値と比較する。そして、電流密度が E M 基準値を超えている基準図形が存在する場合には、E M が起こる可能性があるとは判定する。一方、計算された電流密度が E M 基準値よりも低ければ、E M が起こる可能性は無いとは判定する。判定部 8 は、判定結果を出力する。

10

【 0 0 3 9 】

以上のステップ S 1 ~ S 8 までの処理により、配線パターンの E M 検証が行われる。

【 0 0 4 0 】

ここで、本実施形態では、配線パターンが段差状に延びている部分における最小配線幅を正確に求めるために、ステップ S 3 及びステップ S 4 の動作が工夫されている。ステップ S 3 では、配線パターンが段差状に延びている部分がオフセット接続部分として識別される。また、ステップ S 4 では、オフセット接続部分における最小配線幅が、正確に求められる。以下に、この点について詳述する。

【 0 0 4 1 】

まず、ステップ S 3 における動作について詳述する。ステップ S 3 において、識別部 5 は、複数の矩形図形が段差状に接続されている部分を、オフセット接続部として識別する。ここで、オフセット接続部は、第 1 のオフセット接続部と、第 2 のオフセット接続部との何れかに分類される。

20

【 0 0 4 2 】

図 8 A は、第 1 のオフセット接続部を示す図である。図 8 A 中、配線パターンは、第 1 方向に沿う線、及び第 1 方向に直交する第 2 方向に沿う線によって、表されているものとする。第 1 のオフセット接続部は、第 1 矩形図形 P 1、第 2 矩形図形 P 2、及び第 3 矩形図形 P 3 を備えている。第 1 矩形図形 P 1 及び第 2 矩形図形 P 2 は、それぞれ、第 1 方向に沿って伸びている。第 3 矩形図形 P 3 は、第 1 矩形図形 P 1 と第 2 矩形図形 P 2 とを接続するように配置されている。第 1 矩形図形 P 1 と第 2 矩形図形 P 2 とは、第 2 方向に沿う幅が同じである。また、第 1 矩形図形 P 1 と第 2 矩形図形 P 2 とは、第 2 方向において、距離 δ だけずれている。第 1 矩形図形 P 1 は、第 1 方向に沿って伸びる第 1 辺 L 1 及び第 2 辺 L 2 を有している。第 2 矩形図形 P 2 は、第 1 方向に沿って伸びる第 3 辺 L 3 及び第 4 辺 L 4 を有している。ここで、第 3 辺 L 3 は、第 1 辺 L 1 と連続する辺であり、第 4 辺 L 4 は、第 2 辺 L 2 と連続する辺である。第 1 辺 L 1 における第 3 矩形図形 P 3 側の端部が、第 1 頂点 V 1 と定義される。第 2 辺 L 2 における第 3 矩形図形 P 3 側の端部が、第 2 頂点 V 2 と定義される。第 3 辺 L 3 における第 3 矩形図形 P 3 側の端部が、第 3 頂点 V 3 と定義される。第 4 辺 L 4 における第 3 矩形図形 P 3 側の端部が、第 4 頂点 V 4 と定義される。第 3 矩形図形 P 3 は、第 1 頂点 V 1 と第 2 頂点 V 2 とを通る直線、第 1 辺 L 1 の延長線、第 4 辺 L 4 の延長線、及び第 3 頂点 V 3 と第 4 頂点 V 4 とを通る直線、によって形成される図形である。識別部 5 は、図 8 A に示されるような複数の矩形図形を、第 1 のオフセット接続部として識別する。

30

40

【 0 0 4 3 】

図 8 B は、第 2 のオフセット接続部を示す図である。図中、配線パターンは、第 3 方向に沿う線、及び第 3 方向に直交する第 4 方向に沿う線によって、表されているものとする。第 2 のオフセット接続部は、第 3 方向に沿って伸びる第 4 矩形図形 P 4 と、第 3 方向に沿って伸びる第 5 矩形図形 P 5 とを含んでいる。第 4 矩形図形 P 4 は、第 4 方向に沿って伸びる、第 5 辺 L 9 を有している。第 5 矩形図形 P 5 は、第 4 方向に沿って延び、第 5 辺 L 9 の一部と重なる第 6 辺 L 10 を有している。識別部 5 は、図 8 B に示されるような複数の矩形図形を、第 2 のオフセット接続部として識別する。

50

【 0 0 4 4 】

次いで、ステップ S 4 における動作について詳述する。図 9 は、ステップ S 4 における動作を詳細に示すフローチャートである。

【 0 0 4 5 】

ステップ S 4 - 1 ; オフセット接続部 ?

まず、最小幅算出部 6 は、複数の基準図形の中から処理対象の基準図形を選択し、選択した基準図形がオフセット接続部に所属する図形であるか否かを判定する。オフセット接続部に所属する図形であった場合には、次のステップ S 4 - 2 の処理が実行される。一方、オフセット接続部に所属する図形ではない場合、その基準図形が属する部分（直線部分、コーナ部分など）に応じた処理方法により、基準図形の最小配線幅が算出される（ステップ S 4 - 8 ）。

10

【 0 0 4 6 】

ステップ S 4 - 2 ; 第 1 オフセット接続部及び第 2 オフセット接続部の判定

選択された基準図形がオフセット接続部に属する図形である場合、最小幅算出部 6 は、第 1 オフセット接続部であるのか第 2 オフセット接続部であるのかを判定する。選択された基準図形が第 1 オフセット接続部に属する図形である場合、次のステップ S 4 - 3 の処理が実行される。一方、第 2 オフセット接続部に属する図形である場合、ステップ S 4 - 7 の処理が実行される。

【 0 0 4 7 】

ステップ S 4 - 3 ; 第 1 線分及び第 2 線分の識別

20

選択された基準図形が第 1 オフセット接続部（図 8 A 参照）に属する場合、最小幅算出部 6 は、第 1 線分 L 5 及び第 2 線分 L 6 を識別する。図 10 は、第 1 線分 L 5 及び第 2 線分 L 6 を示す図である。図 10 に示されるように、最小幅算出部 6 は、頂点 V 1 と頂点 V 3 とを結ぶ線分を引き、この線分を第 1 線分 L 5 として識別する。また、最小幅算出部 6 は、頂点 V 2 と頂点 V 4 とを結ぶ線分を引き、この線分を第 2 線分 L 6 として識別する。そして、次のステップ S 4 - 4 の処理を行う。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 4 - 4 ; 電流経路の中心線を識別

続いて、最小幅算出部 6 は、第 3 矩形図形 P 3 を流れる電流の中心線 L 7 を識別する。具体的には、図 11 に示されるように、第 1 頂点 V 1 と第 2 頂点 V 2 とを結ぶ線分の中点が、第 1 中点 V 5 として識別される。また、第 3 頂点 V 3 と第 4 頂点 V 4 とを結ぶ線分の中点が、第 2 中点 V 6 として識別される。そして、第 1 中点 V 5 と第 2 中点 V 6 とを結ぶ線分が、中心線 L 7 として識別される。

30

【 0 0 4 9 】

ステップ S 4 - 5 ; 直交線の識別

次いで、最小幅算出部 6 は、図 12 に示されるように、中心線 L 7 に直交し、第 1 線分 L 5 と第 2 線分 L 6 との双方と接する線を、直交線 L 8 として識別する。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 4 - 6 ; 最小配線幅の算出

次いで、最小幅算出部 6 は、直交線 L 8 と第 1 線分 L 5 との交点と、直交線 L 8 と第 2 線分 L 6 との交点との間の距離を、最小配線幅として算出する。尚、その距離は、図 13 に示されるように、頂点 V 3 から第 2 線分 L 6 へ下ろした垂線 L 4 9 の長さに等しい。垂線 L 4 9 の距離は、頂点 V 3 と頂点 V 4 を結ぶ線分 L 1 2 と、第 2 線分 L 6 とが成す角度 A 4 3 が確定すれば、以下の三角関数式を用いて計算することができる。

40

（式）；垂線 L 4 9 の長さ = $\cos(\text{角度 } A 4 1) \times \text{線分 } L 1 2 \text{ の長さ}$

【 0 0 5 1 】

第 3 矩形図形 P 3 において実質的に電流が流れる領域は、第 1 線分 L 5 と第 2 線分 L 6 との間の領域である。従って、本ステップで求められた最小配線幅は、第 3 矩形図形 P 3 において実質的に電流が流れる領域の幅を反映している。従って、図 8 A に示したような第 1 オフセット接続部における最小配線幅が、正確に求められる。

50

【 0 0 5 2 】

ステップ S 4 - 7 ; 最小配線幅の算出

一方、ステップ S 4 - 2 において、選択された基準図形が第 2 オフセット接続部 (図 8 B 参照) に属する場合、最小幅算出部 6 は、以下のようにして最小配線幅を求める。図 1 4 は、第 2 オフセット接続部の最小配線幅を説明するための説明図である。図 1 4 に示されるように、最小幅算出部 6 は、第 5 辺 L 9 と第 6 辺 L 1 0 とが重なっている部分の長さ L 1 1 を、第 2 オフセット接続部における最小配線幅として算出する。このようにして求められた最小配線幅は、第 2 オフセット接続部における最小配線幅を正確に反映している。

【 0 0 5 3 】

以上のステップ S 4 - 8 までの処理により、選択された基準図形に関する最小配線幅が算出される。その後、全基準図形についての処理が終了したか否かが判定される。未処理の基準図形が存在する場合には、処理対象の基準図形を未処理の基準図形に変更し、ステップ S 4 - 1 以降の動作が繰り返される。一方、全基準図形について処理が終了した場合には、ステップ 4 における処理が終了される。

【 0 0 5 4 】

尚、その後のステップ S 5 (図 5 参照) で各基準図形の抵抗値を求める場合、第 1 オフセット接続部の第 3 矩形図形 P 3 については、抵抗値を求めるための幅として、ステップ S 4 - 6 で算出された最小配線幅が用いられる。

【 0 0 5 5 】

以上説明したように、本実施形態によれば、段差部分 (オフセット接続部) における最小配線幅を正確に算出することができる。そのため、オフセット接続部分における電流密度の最大値を、正確に見積もることができる。その結果、設計した配線パターンが E M の観点から問題あるか否かを、正確に判断することが可能になる。そのため、E M 検証後に、検証結果が本当に正しいか否かを確認する作業を省略することができ、E M 検証に要する解析時間を低減することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 6 】

- 1 E M 検証装置
- 2 E M 検証プログラム
- 3 記憶部
- 4 分割部
- 5 識別部
- 6 最小幅算出部
- 7 電流密度算出部
- 8 判定部
- 1 0 抵抗値算出部
- 1 1 電流算出部
- 1 2 膜厚データ
- 1 3 シート抵抗データ
- 1 4 E M 基準値データ
- C 5 1 切線
- C 5 2 切線
- C 5 3 切線
- C 6 1 切線
- C 6 2 切線
- C 6 3 切線
- C 6 4 切線
- P 1 第 1 矩形図形
- P 2 第 2 矩形図形

10

20

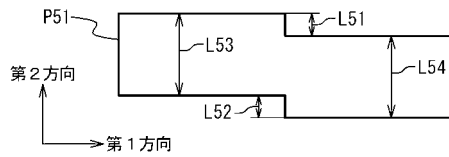
30

40

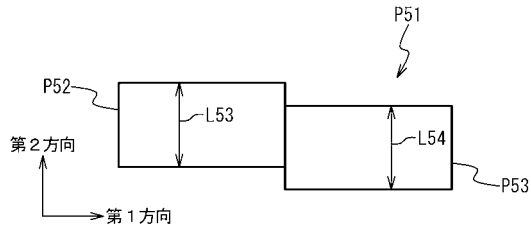
50

P 3	第 3 矩形図形	
P 4	第 4 矩形図形	
P 5	第 5 矩形図形	
P 5 1	配線パターン	
P 5 2	分割矩形	
P 5 3	分割矩形	
P 6 1	配線パターン	
P 6 2	分割矩形	
P 6 3	分割矩形	
P 6 4	分割矩形	10
L 1	第 1 辺	
L 2	第 2 辺	
L 3	第 3 辺	
L 4	第 4 辺	
L 5	第 1 線分	
L 6	第 2 線分	
L 7	中心線	
L 8	直交線	
L 9	第 5 辺	
L 1 0	第 6 辺	20
L 1 1	接続部分	
L 5 1	段差	
L 5 2	段差	
L 5 3	配線パターン幅	
L 5 4	配線パターン幅	
L 5 5	最小幅	
L 5 6	抵抗 R 5 1 の幅	
L 5 7	抵抗 R 5 2 の幅	
L 6 1	段差	
L 6 2	段差	30
L 6 3	段差	
L 6 4	配線パターン P 6 1 の幅	
L 6 5	配線パターン P 6 1 の幅	
L 6 6	最小幅	
R 5 1	抵抗	
R 5 2	抵抗	
R 6 1	抵抗	
R 6 2	抵抗	
R 6 3	抵抗	
V 1	第 1 頂点	40
V 2	第 2 頂点	
V 3	第 3 頂点	
V 4	第 4 頂点	
V 5	第 1 中点	
V 6	第 2 中点	
V 7	交点	
V 8	交点	
V 6 1	頂点	
V 6 2	頂点	

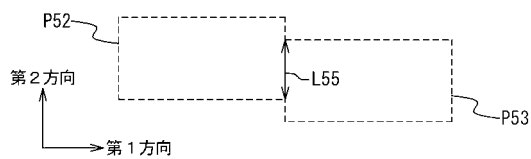
【図 1 A】



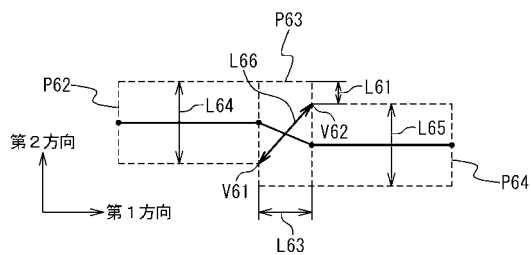
【図 1 B】



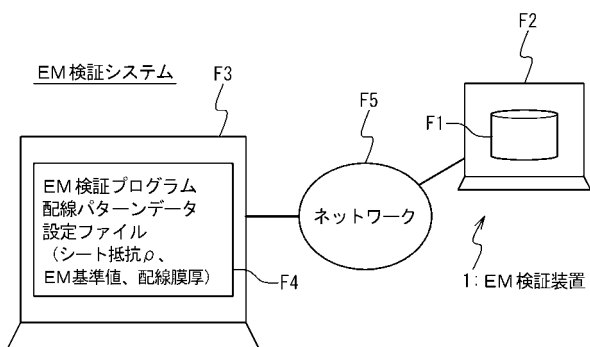
【図 1 C】



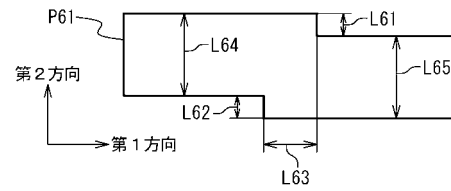
【図 2 C】



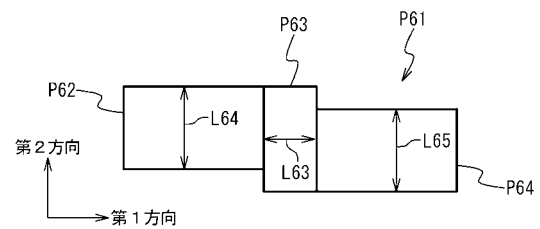
【図 3】



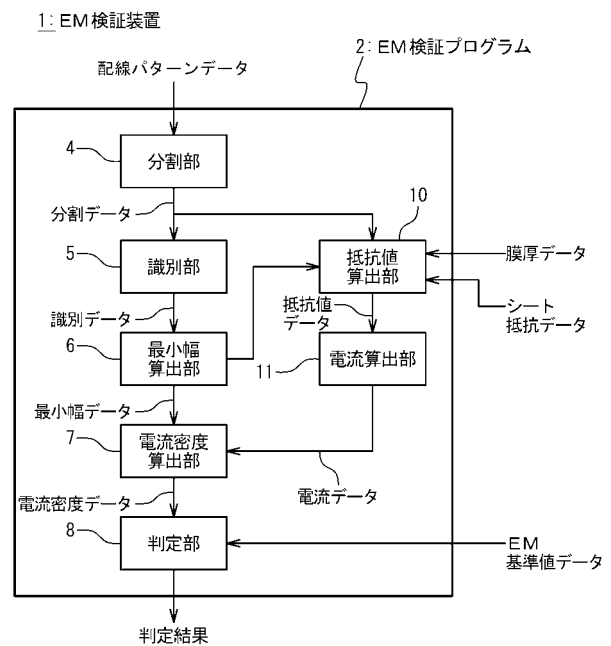
【図 2 A】



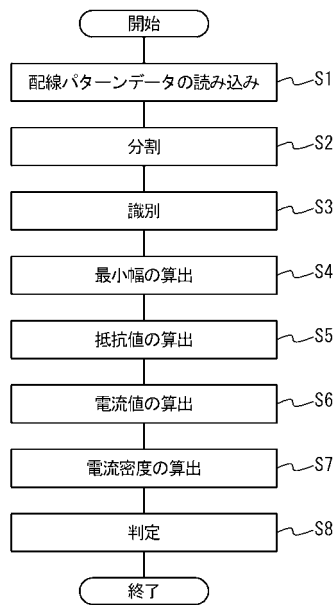
【図 2 B】



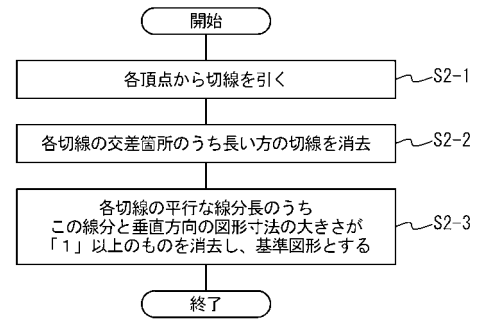
【図 4】



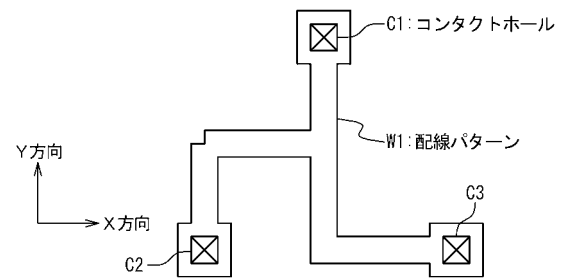
【 図 5 】



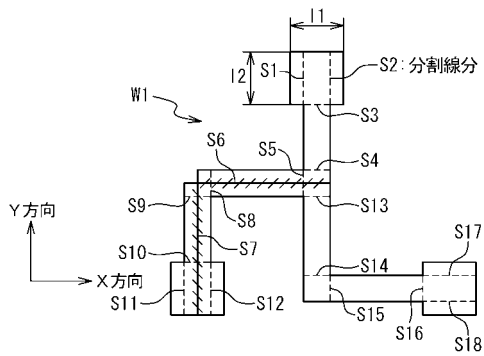
【 図 6 】



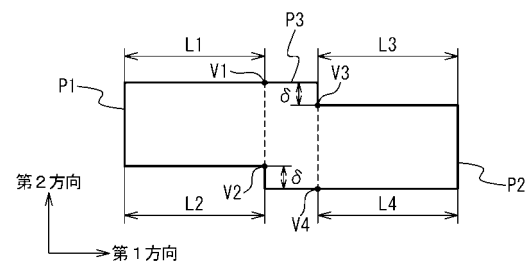
【 図 7 A 】



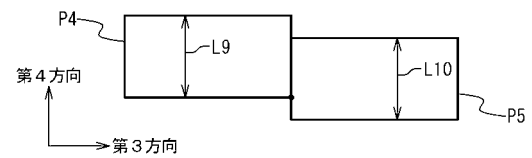
【 図 7 B 】



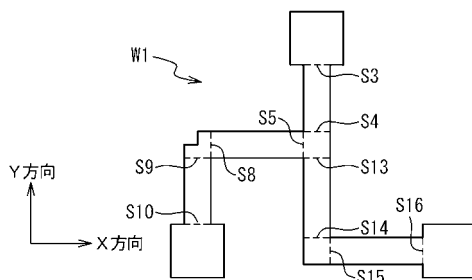
【 図 8 A 】



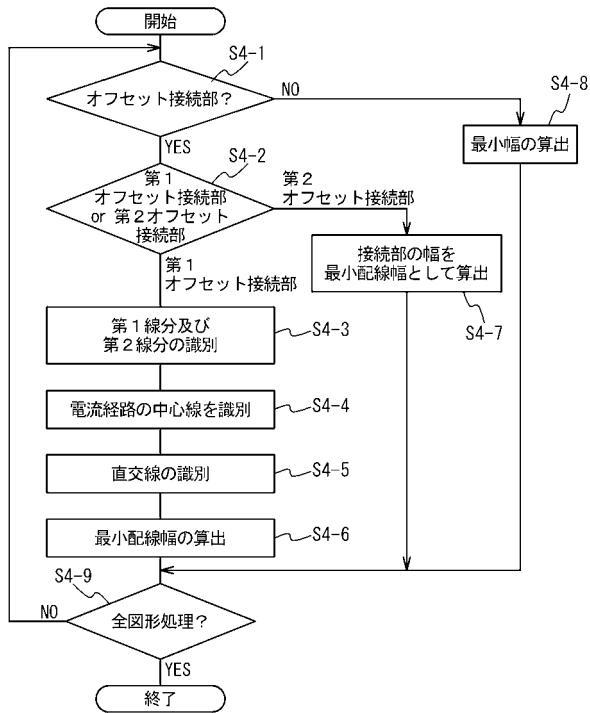
【 図 8 B 】



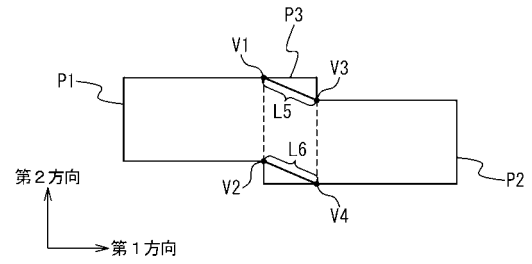
【 図 7 C 】



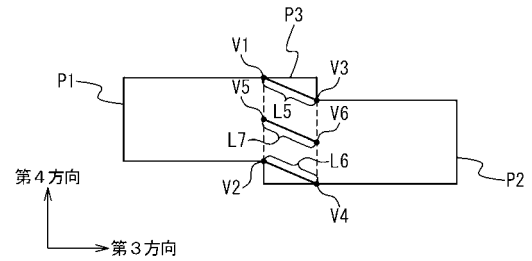
【図 9】



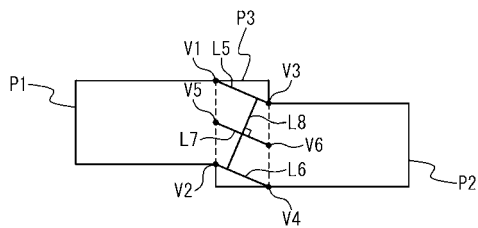
【図 10】



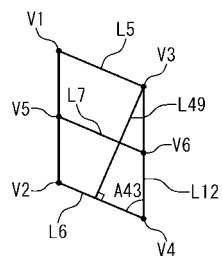
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【図 14】

