

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4128251号
(P4128251)

(45) 発行日 平成20年7月30日 (2008. 7. 30)

(24) 登録日 平成20年5月23日 (2008. 5. 23)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/82 (2006. 01)

H O 1 L 21/82 W

G O 6 F 17/50 (2006. 01)

G O 6 F 17/50 6 5 8 A

G O 6 F 17/50 6 6 6 Z

請求項の数 25 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願平9-290790

(22) 出願日 平成9年10月23日 (1997. 10. 23)

(65) 公開番号 特開平11-126825

(43) 公開日 平成11年5月11日 (1999. 5. 11)

審査請求日 平成16年9月7日 (2004. 9. 7)

(73) 特許権者 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(74) 代理人 100092978

弁理士 真田 有

(72) 発明者 大沢 圭子

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 丸山 晃靖

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

審査官 大嶋 洋一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 配線密度予測方法およびセル配置装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回路設計に際し、所定領域内に配置された多数のセルの相互間における配線密度を予測する方法であって、

前記所定領域を複数の評価単位格子に区画し、

配線により接続されるべき2つのセルを選択し、

該2つのセルの接続対象ピンを対角線上の頂点とする矩形領域を求め、

前記矩形領域内において該2つのセルの接続対象ピン間の配線が配線グリッドの各格子点を通過する確率は一様であるとみなして、該2つのセルの接続対象ピン間の配線が前記矩形領域内における配線グリッドのある1つの格子点を通過する確率を配線通過確率として算出し、

各評価単位格子において前記矩形領域が占める割合を矩形領域占有率として算出し、

評価単位格子ごとに、前記配線通過確率と前記矩形領域占有率との乗算値を、当該配線によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第1の配線密度影響値として算出し、

評価単位格子ごとに、該多数のセルの相互間における全ての配線についてそれぞれ算出された前記第1の配線密度影響値の総和を、その評価単位格子での配線密度として算出

し、
前記矩形領域を求めるべく該2つのセルの接続対象ピンの位置を求める際に、セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての代表ピン情報を用いることを

10

20

特徴とする、配線密度予測方法。

【請求項 2】

回路設計に際し、所定領域内に配置された多数のセルの相互間における配線密度を予測する方法であって、

前記所定領域を複数の評価単位格子に区画し、

配線により接続されるべき 2 つのセルを選択し、

該 2 つのセルの接続対象ピンを対角線上の頂点とする矩形領域を求め、

前記矩形領域内において該 2 つのセルの接続対象ピン間の配線が配線グリッドの各格子点を通過する確率は一樣であるとみなして、該 2 つのセルの接続対象ピン間の配線が前記矩形領域内における配線グリッドのある 1 つの格子点を通過する確率を配線通過確率として算出し、

10

各評価単位格子において前記矩形領域が占める割合を矩形領域占有率として算出し、

評価単位格子ごとに、前記配線通過確率と前記矩形領域占有率との乗算値を、当該配線によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第 1 の配線密度影響値として算出し、

評価単位格子ごとに、該多数のセルの相互間における全ての配線についてそれぞれ算出された前記第 1 の配線密度影響値の総和を、その評価単位格子での配線密度として算出し、

前記矩形領域を求めるべく該 2 つのセルの接続対象ピンの位置を求める際に、通常モード設定時には、セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての全ピン情報を用いる一方、高速モード設定時には、該セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての代表ピン情報のみを用いることを特徴とする、配線密度予測方法。

20

【請求項 3】

回路設計に際し、所定領域内に配置された多数のセルの相互間における配線密度を予測する方法であって、

前記所定領域を複数の評価単位格子に区画し、

配線により接続されるべき 2 つのセルを選択し、

該 2 つのセルの接続対象ピンを対角線上の頂点とする矩形領域を求め、

前記矩形領域内において該 2 つのセルの接続対象ピン間の配線が配線グリッドの各格子点を通過する確率は一樣であるとみなして、該 2 つのセルの接続対象ピン間の配線が前記矩形領域内における配線グリッドのある 1 つの格子点を通過する確率を配線通過確率として算出し、

30

各評価単位格子において前記矩形領域が占める割合を矩形領域占有率として算出し、

評価単位格子ごとに、前記配線通過確率と前記矩形領域占有率との乗算値を、当該配線によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第 1 の配線密度影響値として算出し、

評価単位格子ごとに、該多数のセルの相互間における全ての配線についてそれぞれ算出された前記第 1 の配線密度影響値の総和を、その評価単位格子での配線密度として算出し、

40

前記矩形領域を求める際に、配線経路の迂回率に基づいて前記矩形領域の大きさを調整することを特徴とする、配線密度予測方法。

【請求項 4】

回路設計に際し、所定領域内に配置された多数のセルの相互間における配線密度を予測する方法であって、

前記所定領域を複数の評価単位格子に区画し、

配線により接続されるべき 2 つのセルを選択し、

該 2 つのセルの接続対象ピンを対角線上の頂点とする矩形領域を求め、

前記矩形領域内において該 2 つのセルの接続対象ピン間の配線が配線グリッドの各格子点を通過する確率は一樣であるとみなして、該 2 つのセルの接続対象ピン間の配線が前記

50

矩形領域内における配線グリッドのある 1 つの格子点を通過する確率を配線通過確率として算出し、

各評価単位格子において前記矩形領域が占める割合を矩形領域占有率として算出し、

評価単位格子ごとに、前記配線通過確率と前記矩形領域占有率との乗算値を、当該配線によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第 1 の配線密度影響値として算出し、

評価単位格子ごとに、該多数のセルの相互間における全ての配線についてそれぞれ算出された前記第 1 の配線密度影響値の総和を、その評価単位格子での配線密度として算出し、

前記第 1 の配線密度影響値に対し、配線種別に応じた線幅による重み付けを行なうことを特徴とする、配線密度予測方法。

10

【請求項 5】

前記所定領域内に配線禁止領域が存在する場合、各評価単位格子において前記配線禁止領域が占める割合を配線禁止領域占有率として算出し、

前記配線禁止領域内では配線が確率 1 で存在するものとし、評価単位格子ごとに、前記確率 1 と前記配線禁止領域占有率との乗算値を、前記配線禁止領域によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第 2 の配線密度影響値として算出し、

評価単位格子ごとに、前記第 1 の配線密度影響値の総和にさらに前記第 2 の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出することを特徴とする、請求項 1 ～ 請求項 4 のいずれか一項に記載の配線密度予測方法。

20

【請求項 6】

前記所定領域内に配置された各セルが各評価単位格子において占める割合をセル占有率として算出し、

評価単位格子ごとに、前記セル占有率と当該セルについて予め設定されている当該セル内での配線方向比率との乗算値を、当該セルによるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第 3 の配線密度影響値として算出し、

評価単位格子ごとに、前記第 1 の配線密度影響値の総和にさらに前記第 3 の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出することを特徴とする、請求項 1 ～ 請求項 5 のいずれか一項に記載の配線密度予測方法。

【請求項 7】

30

該多数のセルの相互間における配線密度を予測した後にセル配置が変更され、変更後のセル配置に基づいて配線密度を再予測する場合、

配置を変更されたセルについて配置変更前に算出された前記第 1 の配線密度影響値および前記第 3 の配線密度影響値を、そのセルにかかる評価単位格子の配線密度から減算してから、

配置変更後のセルについての前記第 1 の配線密度影響値および前記第 3 の配線密度影響値を評価単位格子ごとに算出し、

評価単位格子ごとに、前記減算の結果に、再算出された前記第 1 の配線密度影響値および前記第 3 の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出することを特徴とする、請求項 6 記載の配線密度予測方法。

40

【請求項 8】

回路設計に際して所定領域内へのセル配置を会話形式で行なうべく、

前記所定領域内でのセル配置状態を表示する表示部と、

該表示部における表示状態を制御する表示制御部と、

該表示部上の表示データに対する応答情報やセル配置に必要な情報を入力する入力部と

、
該入力部から入力された情報と論理設計により得られたネットリストとに基づいて前記所定領域内に多数のセルを配置するセル配置処理部とを有してなるセル配置装置であって

、
該セル配置処理部により前記所定領域内に配置された多数のセルの相互間における配線

50

密度を、該セル配置処理部によるセル配置結果に基づいて予測する配線密度予測部をそなえ、

該配線密度予測部が、

前記所定領域を複数の評価単位格子に区画する区画部と、

配線により接続されるべき2つのセルを選択する選択部と、

該2つのセルの接続対象ピンを対角線上の頂点とする矩形領域を求める矩形領域設定部と、

前記矩形領域内において該2つのセルの接続対象ピン間の配線が配線グリッドの各格子点を通過する確率は一樣であるとみなして、該2つのセルの接続対象ピン間の配線が前記矩形領域内における配線グリッドのある1つの格子点を通過する確率を配線通過確率として算出する配線通過確率算出部と、

10

各評価単位格子において前記矩形領域が占める割合を矩形領域占有率として算出する矩形領域占有率算出部と、

評価単位格子ごとに、前記配線通過確率と前記矩形領域占有率との乗算値を、当該配線によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第1の配線密度影響値として算出する第1の影響値算出部と、

評価単位格子ごとに、該多数のセルの相互間における全ての配線についてそれぞれ算出された前記第1の配線密度影響値の総和を、その評価単位格子での配線密度として算出する配線密度算出部とをそなえて構成されるとともに、

該表示制御部が、該表示部に前記所定領域における評価単位格子を表示させるとともに、該表示部に表示された各評価単位格子内の表示状態を、該配線密度算出部により評価単位格子毎に算出された前記配線密度に応じて段階的に変化させることを特徴とする、セル配置装置。

20

【請求項9】

該配線密度予測部が、

前記所定領域内に配線禁止領域が存在する場合、各評価単位格子において前記配線禁止領域が占める割合を配線禁止領域占有率として算出する配線禁止領域占有率算出部と、

前記配線禁止領域内では配線が確率1で存在するものとし、評価単位格子ごとに、前記確率1と前記配線禁止領域占有率との乗算値を、前記配線禁止領域によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第2の配線密度影響値として算出する第2の影響値算出部とをそなえ、

30

該配線密度算出部が、評価単位格子ごとに、前記第1の配線密度影響値の総和にさらに前記第2の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出することを特徴とする、請求項8記載のセル配置装置。

【請求項10】

該配線密度予測部が、

前記所定領域内に配置された各セルが各評価単位格子において占める割合をセル占有率として算出するセル占有率算出部と、

評価単位格子ごとに、前記セル占有率と当該セルについて予め設定されている当該セル内の配線方向比率との乗算値を、当該セルによるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第3の配線密度影響値として算出する第3の影響値算出部とをそなえ、

40

該配線密度算出部が、評価単位格子ごとに、前記第1の配線密度影響値の総和にさらに前記第3の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出することを特徴とする、請求項8記載のセル配置装置。

【請求項11】

該矩形領域設定部が、前記矩形領域を求めるべく該2つのセルの接続対象ピンの位置を求める際に、セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての代表ピン情報を用いることを特徴とする、請求項8記載のセル配置装置。

【請求項12】

該矩形領域設定部が、前記矩形領域を求めるべく該2つのセルの接続対象ピンの位置を

50

求める際に、通常モード設定時には、セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての全ピン情報を用いる一方、高速モード設定時には、該セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての代表ピン情報のみを用いることを特徴とする、請求項8記載のセル配置装置。

【請求項 1 3】

該矩形領域設定部が、前記矩形領域を求める際に、配線経路の迂回率に基づいて前記矩形領域の大きさを調整することを特徴とする、請求項8記載のセル配置装置。

【請求項 1 4】

該第 1 の影響値算出部が、前記第 1 の配線密度影響値に対し、配線種別に応じた線幅による重み付けを行なうことを特徴とする、請求項8記載のセル配置装置。

10

【請求項 1 5】

該配線密度予測部が該多数のセルの相互間における配線密度を予測した後にその配線密度の予測結果に応じてセル配置が変更され、該配線密度予測部が変更後のセル配置に基づいて配線密度を再予測する場合、

該配線密度予測部において、

配置を変更されたセルについて配置変更前に算出された前記第 1 の配線密度影響値および前記第 3 の配線密度影響値を、そのセルにかかる評価単位格子の配線密度から減算してから、

該選択部、該矩形領域設定部、該配線通過確率算出部、該矩形領域占有率算出部、該第 1 の影響値算出部、該セル占有率算出部および該第 3 の影響値算出部により、配置変更後のセルについての前記第 1 の配線密度影響値および前記第 3 の配線密度影響値を評価単位格子ごとに算出し、

20

該配線密度算出部により、評価単位格子ごとに、前記減算の結果に、再算出された前記第 1 の配線密度影響値および前記第 3 の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出することを特徴とする、請求項 1 0 記載のセル配置装置。

【請求項 1 6】

該入力部を操作することにより該表示部上で評価単位格子が選択された場合、該表示制御部が、選択された評価単位格子に存在するセルとその評価単位格子を通過する配線とその配線につながるセルとを該表示部上で強調的に表示させることを特徴とする、請求項8 ~ 請求項 1 5 のいずれか一項に記載のセル配置装置。

30

【請求項 1 7】

リスト表示フラグがオンに設定されている場合、該表示制御部が、強調的に表示されたセルおよび配線に関する情報をリストとして該表示部上で表示させることを特徴とする、請求項 1 6 記載のセル配置装置。

【請求項 1 8】

自動表示フラグがオンに設定されている場合、該表示制御部が、自動的に、予め設定された基準値以上の配線密度をもつ評価単位格子に存在するセルとその評価単位格子を通過する配線とその配線につながるセルとを該表示部上で強調的に表示させるとともに、強調的に表示されたセルおよび配線に関する情報を該表示部上でリストとして表示させることを特徴とする、請求項8 ~ 請求項 1 5 のいずれかに記載のセル配置装置。

40

【請求項 1 9】

前記評価単位格子の大きさを、制御パラメータとして該入力部から会話形式で入力・設定することを特徴とする、請求項8 記載のセル配置装置。

【請求項 2 0】

前記配線方向比率を、制御パラメータとして該入力部から会話形式で入力・設定することを特徴とする、請求項 1 0 記載のセル配置装置。

【請求項 2 1】

前記通常モードの処理と前記高速モードの処理とのいずれを行なうかを指定するモード指定フラグを、制御パラメータとして該入力部から会話形式で入力・設定することを特徴とする、請求項 1 2 記載のセル配置装置。

50

【請求項 2 2】

前記配線経路の迂回率を、制御パラメータとして該入力部から会話形式で入力・設定することを特徴とする、請求項 1 3 記載のセル配置装置。

【請求項 2 3】

該第 1 の影響値算出部が前記配線種別に応じた線幅による重み付けを行なう際に前記第 1 の配線密度影響値に対し乗算される重み付け量を、制御パラメータとして該入力部から会話形式で入力・設定することを特徴とする、請求項 1 4 記載のセル配置装置。

【請求項 2 4】

前記リスト表示フラグを、制御パラメータとして該入力部から会話形式で入力・設定することを特徴とする、請求項 1 7 記載のセル配置装置。

10

【請求項 2 5】

前記自動表示フラグおよび前記基準値を、制御パラメータとして該入力部から会話形式で入力・設定することを特徴とする、請求項 1 8 記載のセル配置装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

(目次)

発明の属する技術分野

従来の技術(図 1 6)

発明が解決しようとする課題(図 1 6)

課題を解決するための手段

20

発明の実施の形態(図 1 ~ 図 1 5)

発明の効果

【0 0 0 2】

【発明の属する技術分野】

本発明は、LSI等の集積回路やプリント配線板上の回路を設計する際に、セル(回路素子)の配置を決定すべく、所定領域内に配置されたセル間の配線性を評価するための技術に関し、特に、セル間の配線密度を予測するための方法、および、その配線密度予測方法を用いてセルの配置を行なうセル配置装置に関する。

【0 0 0 3】

【従来の技術】

30

一般に、集積回路、例えばLSIの設計に際しては、まず、設計対象LSIの機能を満たす論理仕様に基づいて論理設計を行ない、その論理設計により得られたネットリストに基づいて実装設計を行なう。実装設計では、ネットリストに基づいて、セル(回路素子)の配置を行なった後、配置されたセル間の配線を行なう。

【0 0 0 4】

従来の会話型セル配置システムでは、例えば図 1 6 に示すような手順で配線性の評価を行ないながらセル配置を行なっている。

即ち、まず、ネットリストに基づいてセルを所定領域内に適当に配置してから(ステップ S 1)、所定領域内に配置されたセル間の配線性を評価すべく、何らかの配線プログラムを起動してセル間の仮配線(グローバル配線、マンハッタン配線等)を行なう(ステップ S 2)。そして、その配線結果に基づいてセル間の配線密度を判断し配線性を評価する(ステップ S 3)。

40

【0 0 0 5】

配線性を評価した結果、そのセル配置でよければ(ステップ S 4 から YES ルート)、実配線処理(ステップ S 6)へ移行する一方、配線性が良くなければ(ステップ S 4 から NO ルート)、セルの再配置を行なった後(ステップ S 5)、ステップ S 2 に戻りステップ S 2 ~ S 5 の処理を繰り返し行なう。これにより、実配線前に、セルを、配線性の良好な状態で(つまり実配線を速やかに行なうことができるように)配置している。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

50

しかしながら、上述した従来の会話型セル配置システムでは、所定領域内に配置されたセル間の配線性を評価する際、図16に示すように、ステップS1やS5での配置結果に対して配線プログラムを走らせて仮配線を行なって配線密度を得ているために、その仮配線処理に多大な時間を要している。

【0007】

一般に、セル間の配線処理には、グローバル配線、マンハッタン配線等の簡易的な見積もり配線であってもかなりの時間を要し、特に回路規模が大きくなるほど、多くの時間を要する。従って、セルの再配置の度に配線プログラムを走らせていたのでは、配線性の良好なセル配置を実現するために多大な時間が必要で、回路設計の効率も大きく低下してしまう。

10

【0008】

本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、配線プログラムを起動することなくセルの配置結果だけに基づいて配線密度を予測し、配線密度による配線性評価を短時間に且つ容易に行なえるようにして、回路設計の効率化をはかった、配線密度予測方法およびセル配置装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の配線密度予測方法は、回路設計に際し、所定領域内に配置された多数のセルの相互間における配線密度を予測する方法であって、前記所定領域を複数の評価単位格子に区画し、配線により接続されるべき2つのセルを選択し、これら2つのセルの接続対象ピンを対角線上の頂点とする矩形領域を求め、その矩形領域内において2つのセルの接続対象ピン間の配線が配線グリッドの各格子点を通過する確率は一樣であるとみなして、2つのセルの接続対象ピン間の配線が前記矩形領域内における配線グリッドのある1つの格子点を通過する確率を配線通過確率として算出し、各評価単位格子において前記矩形領域が占める割合を矩形領域占有率として算出し、評価単位格子ごとに、前記配線通過確率と前記矩形領域占有率との乗算値を、当該配線によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第1の配線密度影響値として算出し、評価単位格子ごとに、多数のセルの相互間における全ての配線についてそれぞれ算出された前記第1の配線密度影響値の総和を、その評価単位格子での配線密度として算出し、前記矩形領域を求めるべく該2つのセルの接続対象ピンの位置を求める際に、セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての代表ピン情報を用いることを特徴としている。また、本発明の他の配線密度予測方法では、前記矩形領域を求めるべく該2つのセルの接続対象ピンの位置を求める際に、通常モード設定時には、セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての全ピン情報を用いる一方、高速モード設定時には、該セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての代表ピン情報のみを用いることを特徴としている。さらに、本発明の他の配線密度予測方法では、前記矩形領域を求める際に、配線経路の迂回率に基づいて前記矩形領域の大きさを調整することを特徴としている。またさらに、本発明の他の配線密度予測方法では、前記第1の配線密度影響値に対し、配線種別に応じた線幅による重み付けを行なうことを特徴としている。

20

30

【0010】

このとき、前記所定領域内に配線禁止領域が存在する場合、各評価単位格子において前記配線禁止領域が占める割合を配線禁止領域占有率として算出し、その配線禁止領域内では配線が確率1で存在するものとし、評価単位格子ごとに、前記確率1と前記配線禁止領域占有率との乗算値を、前記配線禁止領域によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第2の配線密度影響値として算出し、評価単位格子ごとに、前記第1の配線密度影響値の総和にさらに前記第2の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出してよい。

40

【0011】

また、前記所定領域内に配置された各セルが各評価単位格子において占める割合をセル占有率として算出し、評価単位格子ごとに、前記セル占有率と当該セルについて予め設定

50

されている当該セル内での配線方向比率との乗算値を、当該セルによるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第3の配線密度影響値として算出し、評価単位格子ごとに、前記第1の配線密度影響値の総和にさらに前記第3の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出してもよい。

【0013】

また、多数のセルの相互間における配線密度を予測した後にセル配置が変更され、変更後のセル配置に基づいて配線密度を再予測する場合、配置を変更されたセルについて配置変更前に算出された前記第1の配線密度影響値および前記第3の配線密度影響値を、そのセルにかかる評価単位格子の配線密度から減算してから、配置変更後のセルについての前記第1の配線密度影響値および前記第3の配線密度影響値を評価単位格子ごとに算出し、
評価単位格子ごとに、前記減算の結果に、再算出された前記第1の配線密度影響値および前記第3の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出してもよい。

【0017】

そして、本発明のセル配置装置は、回路設計に際して所定領域内へのセル配置を会話形式で行なうべく、前記所定領域内でのセル配置状態を表示する表示部と、この表示部における表示状態を制御する表示制御部と、表示部上の表示データに対する応答情報やセル配置に必要な情報を入力する入力部と、この入力部から入力された情報と論理設計により得られたネットリストとに基づいて前記所定領域内に多数のセルを配置するセル配置処理部とを有してなるものであって、セル配置処理部により前記所定領域内に配置された多数のセルの相互間における配線密度をそのセル配置処理部によるセル配置結果に基づいて予測する配線密度予測部をそなえており、この配線密度予測部が、前記所定領域を複数の評価単位格子に区画する区画部と、配線により接続されるべき2つのセルを選択する選択部と、これら2つのセルの接続対象ピンを対角線上の頂点とする矩形領域を求める矩形領域設定部と、前記矩形領域内において2つのセルの接続対象ピン間の配線が配線グリッドの各格子点を通過する確率は一様であるとみなして2つのセルの接続対象ピン間の配線が前記矩形領域内における配線グリッドのある1つの格子点を通過する確率を配線通過確率として算出する配線通過確率算出部と、各評価単位格子において前記矩形領域が占める割合を矩形領域占有率として算出する矩形領域占有率算出部と、評価単位格子ごとに、前記配線通過確率と前記矩形領域占有率との乗算値を、当該配線によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第1の配線密度影響値として算出する第1の影響値算出部と、評価単位格子ごとに、多数のセルの相互間における全ての配線についてそれぞれ算出された前記第1の配線密度影響値の総和を、その評価単位格子での配線密度として算出する配線密度算出部とをそなえて構成されるとともに、表示制御部が、表示部に前記所定領域における評価単位格子を表示させるとともに、表示部に表示された各評価単位格子内の表示状態を、配線密度算出部により評価単位格子毎に算出された前記配線密度に応じて段階的に変化させることを特徴としている。

【0018】

このとき、配線密度予測部が、前記所定領域内に配線禁止領域が存在する場合、各評価単位格子において前記配線禁止領域が占める割合を配線禁止領域占有率として算出する配線禁止領域占有率算出部と、その配線禁止領域内では配線が確率1で存在するものとし、評価単位格子ごとに、前記確率1と前記配線禁止領域占有率との乗算値を、前記配線禁止領域によるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第2の配線密度影響値として算出する第2の影響値算出部とをそなえ、配線密度算出部が、評価単位格子ごとに、前記第1の配線密度影響値の総和にさらに前記第2の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出してもよい。

【0019】

また、配線密度予測部が、前記所定領域内に配置された各セルが各評価単位格子において占める割合をセル占有率として算出するセル占有率算出部と、評価単位格子ごとに、前記セル占有率と当該セルについて予め設定されている当該セル内での配線方向比率との乗

算値を、当該セルによるその評価単位格子での配線密度増加分の指標となる第3の配線密度影響値として算出する第3の影響値算出部とをそなえ、配線密度算出部が、評価単位格子ごとに、前記第1の配線密度影響値の総和にさらに前記第3の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出してもよい。

【0020】

なお、矩形領域設定部が、前記矩形領域を求めるべく2つのセルの接続対象ピンの位置を求める際に、セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての代表ピン情報を用いてもよいし、通常モード設定時には、セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての全ピン情報を用いる一方、高速モード設定時には、セルライブラリに登録されている当該セルの接続対象ピンについての代表ピン情報のみを用いてもよい。

10

【0021】

また、矩形領域設定部が、前記矩形領域を求める際に、配線経路の迂回率に基づいて前記矩形領域の大きさを調整してもよいし、第1の影響値算出部が、前記第1の配線密度影響値に対し、配線種別に応じた線幅による重み付けを行なってもよい。

さらに、配線密度予測部が多数のセルの相互間における配線密度を予測した後にその配線密度の予測結果に応じてセル配置が変更され、配線密度予測部が変更後のセル配置に基づいて配線密度を再予測する場合、配線密度予測部において、配置を変更されたセルについて配置変更前に算出された前記第1の配線密度影響値および前記第3の配線密度影響値を、そのセルにかかる評価単位格子の配線密度から減算してから、上述した選択部、矩形領域設定部、配線通過確率算出部、矩形領域占有率算出部、第1の影響値算出部、セル占有率算出部および第3の影響値算出部により、配置変更後のセルについての前記第1の配線密度影響値および前記第3の配線密度影響値を評価単位格子ごとに算出し、配線密度算出部により、評価単位格子ごとに、前記減算の結果に、再算出された前記第1の配線密度影響値および前記第3の配線密度影響値を加算した値を、その評価単位格子での配線密度として算出してもよい。

20

【0022】

入力部を操作することにより表示部上で評価単位格子が選択された場合、表示制御部が、選択された評価単位格子に存在するセルとその評価単位格子を通過する配線とその配線につながるセルとを表示部上で強調的に表示させてもよいし、さらに、リスト表示フラグがオンに設定されている場合、表示制御部が、強調的に表示されたセルおよび配線に関する情報をリストとして表示部上で表示させてもよい。

30

【0023】

自動表示フラグがオンに設定されている場合、表示制御部が、自動的に、予め設定された基準値以上の配線密度をもつ評価単位格子に存在するセルとその評価単位格子を通過する配線とその配線につながるセルとを表示部上で強調的に表示させるとともに、強調的に表示されたセルおよび配線に関する情報を表示部上でリストとして表示させてもよい。

【0024】

また、本発明のセル配置装置では、下記項目(1)～(7)のデータを、制御パラメータとして入力部から会話形式で入力・設定できるように構成してもよい。

40

(1)前記評価単位格子の大きさ。

(2)前記配線方向比率。

【0025】

(3)前記通常モードの処理と前記高速モードの処理とのいずれを行なうかを指定するモード指定フラグ。

(4)前記配線経路の迂回率。

(5)第1の影響値算出部が前記配線種別に応じた線幅による重み付けを行なう際に前記第1の配線密度影響値に対し乗算される重み付け量。

(6)前記リスト表示フラグ。

【0026】

50

(7)前記自動表示フラグおよび前記基準値。

【 0 0 2 7 】

【 発明の実施の形態 】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

図 1 は本発明の一実施形態としてのセル配置装置の機能的な全体構成を示すブロック図で、この図 1 に示すように、本実施形態のセル配置装置 1 は、 L S I 等の集積回路等の回路を設計するに際して所定のセル配置領域内に多数のセル（フリップフロップ， R A M 等の回路素子）を会話形式で配置するためのもので、ディスプレイ（表示部） 1 0 ，表示制御部 1 1 ，入力部 2 0 ，記憶部 3 0 ， C P U 4 0 などを含む一般的な処理装置（プロセッサ，コンピュータ）によって構成されている。

10

【 0 0 2 8 】

本実施形態において、ディスプレイ 1 0 は、セル配置領域内でのセルの配置状態（後述するセル配置処理部 4 1 による配置結果）を表示するほか、配線密度に関する情報（後述する配線密度予測部 4 2 による予測結果等）を表示するものである。表示制御部 1 1 は、ディスプレイ 1 0 における表示状態を制御するものであり、 C P U 4 0 （セル配置処理部 4 1 ，配線密度予測部 4 2 ）からの指示や入力部 2 0 からの指示に応じて、後述するような各種表示制御動作を行なってディスプレイ 1 0 での表示状態を制御する。

【 0 0 2 9 】

入力部 2 0 は、例えばキーボードやマウスを有して構成され、オペレータ（回路設計者）によって操作され、ディスプレイ 1 0 上の表示データに対する応答情報や、セル配置に必要な各種情報や、配線密度の予測に関する各種情報（後述する制御パラメータや評価単位格子の指定情報等）を入力するためのものである。従って、オペレータが、ディスプレイ 1 0 における表示を参照しながら、入力部 2 0 を操作して各種情報を入力することにより、会話形式でセルの配置や配線密度情報の表示を行なえるようになっている。

20

【 0 0 3 0 】

記憶部 3 0 は、実際には、通常の処理装置内にそなえられる R A M や R O M のほか、処理装置（セル配置装置 1 ）に接続されるディスク装置等の外部記憶装置などを含み、本実施形態のセル配置装置 1 に係わる各種情報を記憶する部分を総称している。この記憶部 3 0 は、機能的には、回路設計情報記憶部 3 1 ，セルライブラリ 3 2 ，セル配置情報記憶部 3 3 ，制御パラメータ記憶部 3 4 ，セル配置情報一時記憶部 3 5 を有しており、前述の R A M ， R O M ，外部記憶装置が、記憶部 3 1 ， 3 3 ～ 3 5 やセルライブラリ 3 2 としての機能を果たしている。また、記憶部 3 0 には、外部からインストールされた、セル配置プログラム（後述）や配線密度予測プログラム（後述）も格納されている。

30

【 0 0 3 1 】

ここで、回路設計情報記憶部 3 1 は、論理設計により得られたネットリストや、セル配置領域（所定領域）の位置（具体的には原点位置および回転コード等）や、そのセル配置領域における配線層に関する情報（配線層の数や各配線層における配線方向（ x 方向のみ / y 方向のみ / x ， y 両方向）など）や、配線禁止領域に関する情報（配線禁止領域の存在する配線層や位置）を記憶するものである。なお、ネットリストは、入力信号と、出力信号と、これらの信号間におけるセルの接続関係とを情報としてもつもので、集積回路における自動配置や自動配線に使用されるものである。

40

【 0 0 3 2 】

セルライブラリ 3 2 は、集積回路の設計に際して配置対象となるセルに関する情報を、そのセル種類毎に記憶するものである。各セルに関する情報（セル内構成の情報）としては、例えば、各セル内での配線パターンに関する情報（使用配線層や配線位置等）や、セルの形状や大きさ（面積）が登録されている。セル内での配線パターンに関する情報、即ちピン情報の詳細については、図 9 を参照しながら後述する。

【 0 0 3 3 】

セル配置情報記憶部 3 3 は、後述するセル配置処理部 4 1 により行なわれたセル配置の結果であるセル配置情報、即ち、設計対象の集積回路を構成する全てのセルを所定のセル配

50

置領域内のどこに配置したかを記憶するものである。

制御パラメータ記憶部 34 は、オペレータの操作により入力部 20 から会話形式で入力された各種制御パラメータ（配線密度予測処理に必要な値や予測結果の表示状態を指定する情報）を記憶するものである。制御パラメータとしては、下記項目 ▲1 ▼ ~ ▲7 ▼ のデータが入力部 20 から会話形式で入力・設定され、制御パラメータ記憶部 34 に登録されるようになっている。

【0034】

▲1 ▼ 後述するごとく所定のセル配置領域を区画・分割する際の基本単位である評価単位格子のサイズ（大きさ；図 8 参照）。そのサイズは、2 つの配線方向 x , y の辺の長さとして設定される。

▲2 ▼ セル内の配線（ピン）が使用する配線層（使用層）での配線方向比率（ x 方向の配線の割合 d_x および y 方向の配線の割合 $d_y = 1 - d_x$ ）。

【0035】

▲3 ▼ 通常モードの処理と高速モードの処理とのいずれを行なうかを指定するモード指定フラグ（0 / 1）。

▲4 ▼ x 方向および y 方向のそれぞれについての配線経路の迂回率 m_x , m_y （ m_x , m_y 1 ; 図 10 参照）。

▲5 ▼ 後述するごとく第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y の算出時に用いられる、特殊ネットの種別（配線種別）に応じた線幅による重み付け量 b 。実際には、通常配線幅に対する線幅率で、その値としては、例えば、通常配線については 1、クロック配線については 2、電源配線については 4 等の値が設定される（図 11 参照）。

【0036】

▲6 ▼ 配線密度の予測結果をディスプレイ 10 上で表示した状態（図 13 参照）でオペレータが特定の評価単位格子を選択した場合に、その格子にかかるセル等の強調表示（図 14 参照）を行なうと同時に、そのセル等に関する情報をリスト（図 15 参照）として表示するか否かを指定するリスト表示フラグ（0 / 1）。

▲7 ▼ 配線密度が予測・算出されると同時に、基準値以上の配線密度をもつ評価単位格子に存在するセル等の強調表示（図 14 参照）とそのセル等に関する情報のリスト表示（図 15 参照）とを自動的に行なうか否かを指定する自動表示フラグ（0 / 1）、および、その基準値。

【0037】

セル配置情報一時記憶部 35 は、複数のバッファ 35 a から構成され、後述するセル配置処理部 41 により行なわれたセル配置について、ストアセルコマンドにより指定された領域内のセル配置情報を、一時的にバッファ 35 a に保持するものである。各バッファ 35 a に保持されているセル配置情報は、リストアセルコマンドにより選択されると、バッファ 35 a から読み出されるようになっている。

【0038】

CPU 40 は、セル配置装置 1 を統括管理するほか、各種処理を実行するもので、特に、本実施形態では、セル配置処理部 41 および配線密度予測部 42 としての機能を果たす。セル配置処理部 41 は、回路設計情報記憶部 31 に記憶されているネットリストと、セルライブラリ 32 に記憶されているセル情報と、オペレータにより入力部 20 から入力された情報（ディスプレイ 10 上の表示データに対する応答情報やセル配置に必要な各種情報）とに基づいて、オペレータとの会話形式により、所定のセル配置領域内に多数のセルを配置するものである。そして、セル配置領域内に対して全てのセルを配置した結果は、セル配置情報としてセル配置情報記憶部 33 に格納されるようになっている。

【0039】

このセル配置処理部 41 の機能は、実際には、ハードディスク、磁気テープ、フロッピーディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM 等の記憶媒体からセル配置装置 1（記憶部 30）にインストールされたセル配置プログラムを RAM 等に読み出し、そのプログラムを CPU 40 で実行することにより、CPU 40 の動作として実現される。

【 0 0 4 0 】

なお、本実施形態では、セル配置処理部 4 1 によるセル配置動作中に、オペレータが入力部 2 0 を操作してストアセルコマンドを入力した場合、ディスプレイ 1 0 に表示されたセル配置画面上でオペレータにより指定された領域内のセル配置情報が、セル配置情報一時記憶部 3 5 のバッファ 3 5 a に一時的に記憶されるようになっている。一方、オペレータが入力部 2 0 を操作してリストアセルコマンドを入力すると、そのコマンドにより指定されたバッファ 3 5 a からセル配置情報が読み出され、指定領域内のセルが、読み出されたセル配置情報に応じた状態に自動的に再配置されるようになっている。

【 0 0 4 1 】

配線密度予測部 4 2 は、セル配置処理部 4 1 により所定のセル配置領域内に配置された多数のセルの相互間における配線密度を、セル配置処理部 4 1 によるセル配置結果（セル配置情報記憶部 3 3 に記憶されたセル配置情報）のほか、回路設計情報記憶部 3 1，セルライブラリ 3 2 および制御パラメータ記憶部 3 4 に記憶されている各種情報に基づいて予測するものである。

10

【 0 0 4 2 】

この配線密度予測部 4 2 の機能も、セル配置処理部 4 1 の機能と同様、実際には、ハードディスク、磁気テープ、フロッピディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM 等の記憶媒体からセル配置装置 1（記憶部 3 0）にインストールされた配線密度予測プログラムを RAM 等に読み出し、そのプログラムを CPU 4 0 で実行することにより、CPU 4 0 の動作として実現される。ここで、本実施形態の配線密度予測プログラムは、所定のセル配置領域内に配置された多数のセルの相互間における配線密度を、CPU（コンピュータ）4 0 に予測させるべく、図 2 に符号 6 0 ~ 7 0 を付して示す各構成要素として CPU 4 0 を機能させるものである。

20

【 0 0 4 3 】

図 2 は上述した配線密度予測部 4 2 の機能構成を詳細に示すブロック図で、この図 2 に示すように、本実施形態の配線密度予測部 4 2 は、区画部 6 0，セル選択部 6 1，矩形領域設定部 6 2，配線通過確率算出部 6 3，矩形領域占有率算出部 6 4，第 1 の影響値算出部 6 5，配線禁止領域占有率算出部 6 6，第 2 の影響値算出部 6 7，セル占有率算出部 6 8，第 3 の影響値算出部 6 9 および配線密度算出部 7 0 を有して構成されている。

【 0 0 4 4 】

区画部 6 0 は、制御パラメータ記憶部 3 4 に登録されているサイズ（前記項目 ▲ 1 ▼ のデータ）に基づいて、所定のセル配置領域を複数の評価単位格子（サーチ格子）に区画するものである。具体的な区画例については、図 8 を参照しながら後述する。

30

選択部 6 1 は、セル配置情報記憶部 3 3 を参照して、所定のセル配置領域に配置された多数のセルの中から、配線により接続されるべき 2 つのセルを選択するものである。

【 0 0 4 5 】

矩形領域設定部 6 2 は、選択部 6 1 により選択された 2 つのセルの接続対象ピンを対角線上の頂点とする矩形領域を求めるもので、その際、制御パラメータ記憶部 3 4 のモード指定フラグにより通常モードが選択・設定されている時には、セルライブラリ 3 2 から接続対象ピンの全ピン情報を読み出し、その全ピン情報を用いて矩形領域を求める一方、モード指定フラグにより高速モードが選択・設定されている時には、セルライブラリ 3 2 から、接続対象ピンの代表ピン情報のみを読み出し、その代表ピン情報を用いて矩形領域を求めるようになっている。図 9 を参照しながら後述するごとく、代表ピン情報のみを読み出して矩形領域を求めることにより、全ピン情報を読み出して矩形領域を求める通常モードに比べて、処理を高速に行なうことができる。

40

【 0 0 4 6 】

また、矩形領域設定部 6 2 は、求められた矩形領域の大きさを、制御パラメータ記憶部 3 4 に登録されている配線経路の迂回率 m_x ， m_y に基づいて調整する機能も有している。その詳細については、図 1 0 を参照しながら後述するが、矩形領域の x 方向，y 方向の 2 辺の長さに迂回率 m_x ， m_y を乗算することにより矩形領域の大きさが調整される。配線

50

経路の迂回を行なわない場合には、迂回率 m_x , m_y はどちらも 1 に設定される。

【 0 0 4 7 】

配線通過確率算出部 6 3 は、図 8 を参照しながら後述するごとく、矩形領域設定部 6 2 により設定された矩形領域内において 2 つのセルの接続対象ピン間の配線が配線グリッドの各格子点を通過する確率は一樣であるとみなして、これら 2 つのセルの接続対象ピン間の配線がその矩形領域内における配線グリッドのある 1 つの格子点を通過する確率（その格子点に x 方向から到達する確率 W_x および y 方向から到達する確率 W_y ）を、配線通過確率として算出するものである。

【 0 0 4 8 】

矩形領域占有率算出部 6 4 は、図 8 を参照しながら後述するごとく、各評価単位格子において矩形領域が占める割合（面積比）を矩形領域占有率 a として算出するものである。

第 1 の影響値算出部 6 5 は、評価単位格子ごとに、今回選択された 2 つのセル間の配線によりその評価単位格子での配線密度がどれだけ増加するかを示す指標となる第 1 の配線密度影響値を算出するもので、具体的には、配線通過確率算出部 6 3 で算出された配線通過確率 W_x , W_y と、矩形領域占有率算出部 6 4 で算出された矩形領域占有率 a と、制御パラメータ記憶部 3 4 から読み出された、今回の配線のネット種別に応じた線幅率 b と、回路設計情報記憶部 3 1 から読み出された x 方向配線層の数 n_x および y 方向配線層の数 n_y とに基づいて、配線方向 x , y にそれぞれ対応した第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y を、下式（ 1 ） , （ 2 ）によって算出する。なお、以下の数式中の “ * ” は乗算を意味している。

【 0 0 4 9 】

$$P_x = W_x * a * (1 / n_x) * b \quad (1)$$

$$P_y = W_y * a * (1 / n_y) * b \quad (2)$$

配線禁止領域占有率算出部 6 6 は、所定のセル配置領域内に配線禁止領域が存在する場合、各評価単位格子において配線禁止領域が占める割合（面積比）を配線禁止領域占有率 a_1 として算出するものである。このとき、配線禁止領域に関する情報は、回路設計情報記憶部 3 1 から読み出される。

【 0 0 5 0 】

第 2 の影響値算出部 6 7 は、配線禁止領域内では配線が確率 1 で存在するものとみなして、評価単位格子ごとに、配線禁止領域によりその評価単位格子での配線密度がどれだけ増加するかを示す指標となる第 2 の配線密度影響値を算出するもので、具体的には、配線禁止領域占有率算出部 6 6 で算出された配線禁止領域占有率 a_1 と、その配線禁止領域で禁止される配線の方向（ x , y ）への配線を行なう配線層の数 n とに基づいて、第 2 の配線密度影響値 P_1 を下式（ 3 ）によって算出する。

【 0 0 5 1 】

$$P_1 = 1 * a_1 * (1 / n) \quad (3)$$

セル占有率算出部 6 8 は、セル配置情報記憶部 3 3 からの情報とセルライブラリ 3 2 から読み出された各セルの面積とに基づいて、所定のセル配置領域内に配置された各セルが各評価単位格子において占める割合（面積比）をセル占有率 a_2 として算出するものである。

【 0 0 5 2 】

第 3 の影響値算出部 6 9 は、評価単位格子ごとに、各セル内構成（配線パターン、ピン）によりその評価単位格子での配線密度がどれだけ増加するかを示す指標となる第 3 の配線密度影響値として算出するもので、具体的には、セル占有率算出部 6 8 で算出されたセル占有率 a_2 と、セルライブラリ 3 2 からの各セル内での使用層情報と、制御パラメータ記憶部 3 4 から読み出された配線方向比率 d_x および d_y とに基づいて、配線方向 x , y にそれぞれ対応した第 3 の配線密度影響値 P_x' , P_y' を、下式（ 4 ） , （ 5 ）によって算出する。

【 0 0 5 3 】

$$P_x' = a_2 * d_x \quad (4)$$

10

20

30

40

50

$$P_y' = a_2 * d_y \quad (5)$$

配線密度算出部 70 は、評価単位格子ごとに、多数のセルの相互間における全ての配線についてそれぞれ算出された第 1 の配線密度影響値 P_x 、 P_y と、配線禁止領域について算出された第 2 の配線密度影響値 P_1 と、セル内構成について算出された第 3 の配線密度影響値 P_x' 、 P_y' との総和を、その評価単位格子での配線密度 D として算出するものである。

【0054】

ただし、 x 方向の配線密度を算出する際には、評価単位格子ごとに、 x 方向について算出された影響値 P_x 、 P_1 、 P_x' を積算し、 y 方向の配線密度を算出する際には、評価単位格子ごとに、 y 方向について算出された影響値 P_y 、 P_1 、 P_y' を積算し、 x 、 y 両方向の配線密度を算出する際には、評価単位格子ごとに、全ての影響値 P_x 、 P_y 、 P_1 、 P_x' 、 P_y' を積算する。

【0055】

なお、本実施形態では、配線密度予測部 42 が各評価単位格子の配線密度 D を予測した後、その配線密度 D の予測結果に応じてセル配置が変更され配線密度予測部 42 が変更後のセル配置に基づいて配線密度 D を再予測する場合、配線密度予測部 42 において、配置を変更されたセルについて配置変更前に算出された第 1 の配線密度影響値 P_x 、 P_y および第 3 の配線密度影響値 P_x' 、 P_y' を、そのセルにかかる評価単位格子の配線密度 D から減算してから、前述した選択部 61、矩形領域設定部 62、配線通過確率算出部 63、矩形領域占有率算出部 64、第 1 の影響値算出部 65、セル占有率算出部 68 および第 3 の影響値算出部 69 により、配置変更後のセルについての第 1 の配線密度影響値 P_x 、 P_y および第 3 の配線密度影響値 P_x' 、 P_y' を評価単位格子ごとに算出し、配線密度算出部 70 により、評価単位格子ごとに、前記減算の結果に、再算出された第 1 の配線密度影響値 P_x 、 P_y および第 3 の配線密度影響値 P_x' 、 P_y' を加算した値を、その評価単位格子での配線密度 D として算出するように構成されている。このような配線密度 D の再予測手順の具体例については、図 12 を参照しながら後述する。

【0056】

そして、本実施形態の表示制御部 11 は、配線密度予測部 42 により予測された配線密度 D をディスプレイ 10 に表示させるに際して、以下の (a) ~ (c) のような表示制御機能を有している。

(a) ディスプレイ 10 に所定のセル配置領域における評価単位格子を表示させるとともに、図 13 に示すごとく、ディスプレイ 10 に表示された各評価単位格子内の表示状態を、配線密度算出部 70 により評価単位格子ごとに算出された配線密度 D に応じて段階的に変化させる。具体的には、評価単位格子ごとに、配線密度 D に応じて色分けして表示することにより、所定のセル配置領域における配線密度 D の予測結果をディスプレイ 10 に表示する。なお、このようにディスプレイ 10 に表示する配線密度 D としては、 x 方向のみの配線密度、 y 方向のみの配線密度、もしくは、 x 、 y 両方向 (x 、 y 混在) の配線密度のいずれかを選択できるようになっている。

【0057】

(b) オペレータが入力部 20 を操作することによりディスプレイ 10 の配線密度画面 (図 13 参照) 上で特定の評価単位格子が選択された場合、図 14 に示すごとく、選択された評価単位格子に存在するセルと、その評価単位格子を通過するネット (配線) と、そのネットにつながるセルとをディスプレイ 10 上で強制的に表示させる。具体的には、他の部分とは異なる色による表示や、高輝度表示を行なう。このとき、制御パラメータ記憶部 34 のリスト表示フラグがオンに設定されている場合には、図 15 に示すごとく、強制的に表示されたセルおよびネットに関する情報 (セル名、ネット名等) をリストとしてディスプレイ 10 上で表示させる。

【0058】

(c) 制御パラメータ記憶部 34 の自動表示フラグがオンに設定されている場合、各評価単位格子の配線密度 D が算出されると同時に、自動的に、予め設定された基準値以上の配

10

20

30

40

50

線密度をもつ評価単位格子に存在するセルと、その評価単位格子を通過するネット（配線）と、そのネットにつながるセルとをディスプレイ 10 上で強調的に表示させるとともに、強調的に表示されたセルおよびネットに関する情報（セル名，ネット名等）をディスプレイ 10 上でリストとして表示させる。

【0059】

次に、上述のごとく構成された本実施形態のセル配置装置 1 の動作について、図 3～図 15 を参照しながら説明する。

まず、図 3 に示すフローチャート（ステップ S 11～S 24）に従って、本実施形態のセル配置装置 1 によりセル配置を行なう際の手順を説明する。

オペレータが入力部 20 を操作することにより、前述した制御パラメータ ▲ 1 ▼～▲ 7 ▼ が会話形式で指定・入力され制御パラメータ記憶部 34 に登録されるほか、セル配置処理に必要な情報などが入力される（ステップ S 11）。なお、制御パラメータ ▲ 1 ▼～▲ 7 ▼ の指定が行なわれない場合には、制御パラメータ記憶部 34 に予め登録されているデフォルト値を用いて、配線密度予測処理が行なわれる。

【0060】

そして、セル配置処理部 41（セル配置プログラム）が起動され、回路設計情報記憶部 31 に記憶されているネットリストと、セルライブラリ 32 に記憶されているセル情報と、オペレータにより入力部 20 から入力された情報（ディスプレイ 10 上の表示データに対する応答情報やセル配置に必要な各種情報）とに基づいて、オペレータとの会話形式により、所定のセル配置領域内に多数のセルが配置され、セル配置領域内に対して全てのセルを配置した結果は、セル配置情報としてセル配置情報記憶部 33 に格納される（ステップ S 12）。

【0061】

セル配置処理部 41 により所定のセル配置領域内にセルが配置されると、配線密度予測部 42（配線密度予測プログラム）が起動され、これらのセルの相互間における配線密度が、セル配置結果（セル配置情報記憶部 33 に記憶されたセル配置情報）のほか、回路設計情報記憶部 31，セルライブラリ 32 および制御パラメータ記憶部 34 に記憶されている各種情報に基づいて予測され、その予測結果がディスプレイ 10 に表示される（ステップ S 13）。配線密度の予測および表示の処理手順については、図 4～図 7 を参照しながら後述する。

【0062】

この後、オペレータが入力部 20 を操作することにより、ディスプレイ 10 の配線密度画面（図 13 参照）上で特定の評価単位格子が選択されたか否か（ステップ S 14）、ディスプレイ 10 のセル配置画面上で領域指定が行なわれストアセルコマンドが入力されたか否か（ステップ S 18）、リストアセルコマンドが入力されたか否か（ステップ S 20）、ディスプレイ 10 のセル配置画面上でセルの配置位置を変更するセル配置変更コマンドが入力されたか否か（ステップ S 22）が判定される。

【0063】

ディスプレイ 10 の配線密度画面（図 13 参照）上で特定の評価単位格子が選択された場合（ステップ S 14 から YES ルート）、図 14 に示すごとく、選択された評価単位格子に存在するセルと、その評価単位格子を通過するネット（配線）と、そのネットにつながるセルとが、表示制御部 11 により、ディスプレイ 10 上で強調的に表示される（ステップ S 15）。

【0064】

このとき、制御パラメータ記憶部 34 のリスト表示フラグがオンに設定されているか否かが判定され（ステップ S 16）、オンであれば（YES ルート）、図 15 に示すごとく、強調的に表示されたセルおよびネットに関する情報（セル名，ネット名等）がリストとしてディスプレイ 10 上の別ウインドウに表示される（ステップ S 17）。

【0065】

ストアセルコマンドが入力された場合（ステップ S 18 から YES ルート）、ディスプレ

10

20

30

40

50

イ 10 に表示されたセル配置画面上でオペレータにより指定された領域内のセル配置情報が、セル配置情報一時記憶部 35 のバッファ 35 a に一時的に保存・記憶される（ステップ S 19）。

リストアコマンドが入力された場合（ステップ S 20 から YES ルート）、そのリストアコマンドにより選択された一時保存状態のセル配置情報が、セル配置情報一時記憶部 35 のバッファ 35 a から読み出され、指定領域内のセルが、セル配置処理部 41 により、読み出されたセル配置情報に応じた状態に自動的に再配置される（ステップ S 21）。そして、そのセル再配置結果に対して、再度、配線密度の予測および表示の処理が行なわれる（ステップ S 13）。

【0066】

セル配置変更コマンドが入力された場合（ステップ S 22 から YES ルート）、そのコマンドに応じて、セル配置処理部 41 により所定のセル配置領域内でセルの移動／再配置／配置変更が行なわれ（ステップ S 23）、そのセル再配置結果に対して、再度、配線密度の予測および表示の処理が行なわれる（ステップ S 13）。

ステップ S 14、S 18、S 20、S 22 で全て NO 判定となり、ステップ S 24 で処理終了と判定された場合（YES ルート）には、セル配置処理を終了する。ステップ S 24 で NO 判定の場合には、ステップ S 14 へ戻り、格子の選択、各種コマンドの入力を待つ。

【0067】

上述のごとく、本実施形態では、セル配置処理に際して、セル配置画面上で領域指定を行ないストアセルコマンドを入力することにより、その指定領域内に配置されているセルとその配置情報とをバッファ 35 a に保存することができる。セル配置情報の保存後、その領域内のセルを移動させたり配置しない状態にしたりしても、ストアセルコマンドを入力することにより、バッファ 35 a からセル配置情報が読み出され、そのセル配置情報に基づいて、指定領域内のセル配置を元の状態に戻すことができる。指定領域内のセル配置情報を一時保存するバッファ 35 a は、図 1 に示すごとく複数個用意されており、複数の指定領域内のセル配置情報を一時保存できる。

【0068】

また、本実施形態では、ストアセルコマンドによりセル配置情報を部分的に保存したり、リストアセルコマンドによりセル配置を再現したりしながら、複数種類のセル配置を行ない、これらのセル配置をディスプレイ 10 上に同時に表示できる。さらに、後述するごとくディスプレイ 10 上で配線密度画面を複数表示することも可能であるので、複数種類のセル配置それぞれについての配線密度表示をディスプレイ 10 上で同時に行ない、オペレータは、これらの配線密度表示を参照しながら最適なセル配置を選択することができる。

【0069】

さて、次に、図 4～図 7 に示すフローチャートに従い、図 8～図 15 も参照しながら、図 3 のステップ S 13 で行なわれる配線密度の予測および表示の処理について詳細に説明する。

ここで、図 4 は配線密度の予測および表示を行なう際の手順（全体的な流れ）を説明するためのフローチャート（ステップ S 31～S 45）、図 5 はセル間配線密度の算出処理（図 4 のステップ S 33）の手順をより詳細に説明するためのフローチャート（ステップ S 51～S 64）、図 6 は配線禁止領域を配線密度に加味するための演算処理（図 4 のステップ S 34）の手順をより詳細に説明するためのフローチャート（ステップ S 71～S 76）、図 7 はセル内構成を配線密度に加味するための演算処理（図 4 のステップ S 35）の手順をより詳細に説明するためのフローチャート（ステップ S 81～S 86）である。

【0070】

図 4 に示すように、まず、区画部 60 により、制御パラメータ記憶部 34 に登録されているサイズに基づいて、所定のセル配置領域を複数の評価単位格子に区画する（ステップ S 31）。評価単位格子の具体例を、図 8 に示す。この図 8 において、点線は配線グリッドを示し、実線で記入された格子が評価単位格子である。1 本の配線グリッドが、最小線幅

10

20

30

40

50

(通常の配線の線幅)に対応し、図8に示す例では、x方向に10グリッド、y方向に10グリッドの正方形の領域を1つの評価単位格子としている。

【0071】

そして、今回の配線密度の予測処理が、少なくとも1度は配線密度の予測処理を行なった後の処理であるか否か、即ち、セルの配置変更(再配置)を行なった後の再処理であるか否かを判定し(ステップS32)、再処理でなければ(NOルート)、セル間配線密度の算出処理(ステップS33)、配線禁止領域を配線密度に加味するための演算処理(ステップS34)およびセル内構成を配線密度に加味するための演算処理(ステップS35)を行なう。なお、ステップS32でセルの配置変更(再配置)を行なった後の再処理であると判定された場合(YESルート)については、図12を参照しながら後述する。

10

【0072】

以下に、これらのステップS33~S35の処理について、それぞれ図5~図7を参照しながら詳細に説明する。

セル間配線密度の算出処理(ステップS33)に際しては、図5に示すように、まず、選択部61により、セル配置情報記憶部33を参照して、所定のセル配置領域に配置された多数のセルの中から、配線により接続されるべき2つのセルを選択し(ステップS51)、選択された2つのセルの接続対象ピンを対角線上の頂点とする矩形領域を、矩形領域設定部62により求める。

【0073】

このとき、矩形領域設定部62では、制御パラメータ記憶部34を参照し、制御パラメータ記憶部34のモード指定フラグにより通常モードと高速モードとのいずれが選択・設定されているかを判断する(ステップS52)。

20

通常モードが選択されている場合(ステップS52から“通常”ルート)、セルライブラリ32から接続対象ピンの全ピン情報を読み出し(ステップS53)、その全ピン情報に基づいて矩形領域 $X \times Y$ を求める一方(ステップS54)、高速モードが選択されている場合(ステップS52から“高速”ルート)、セルライブラリ32から、接続対象ピンの代表ピン情報のみを読み出し(ステップS55)、その代表ピン情報に基づいて矩形領域 $X \times Y$ を求める(ステップS56)。

【0074】

例えば図8に示すように、セルC1の接続対象ピンP1とセルC2の接続対象ピンP2とが配線により接続される場合、通常モードでは、接続対象ピンP1とP2との間で最も遠い2点A、Bが選択され、これらの2点A、Bを対角線上の頂点とする矩形領域 $X \times Y$ が求められる。

30

ところで、各セルのピン(セル内配線パターン)の形状が複雑な場合には、その形状は複数の矩形を用いて表現され、それらの矩形がピン情報としてセルライブラリ32に登録されている。そして、複数のピン情報が登録されている場合、それらのうちの 하나가代表ピン情報としてセルライブラリ32に登録されており、セルライブラリ32からピン情報を読み出す際には、最初にその代表ピン情報が読み出されるようになっている。従って、全てのピン情報を読み出して最も遠い2点を求めるよりも、代表ピン情報のみを読み出して代表ピン間の最も遠い2点を求める方が、処理速度はかなり速くなる。

40

【0075】

例えば図9に示すように、接続対象ピンP1が3つの矩形P1-1、P1-2、P1-3を用いて表現され、接続対象ピンP2が2つの矩形P2-1、P2-2を用いて表現され、矩形P1-2およびP2-2がそれぞれ代表ピンとして登録されているものとする。この場合、通常モードでは、接続対象ピンP1の全体と接続対象ピンP2の全体との間で最も遠くなる点A'(矩形P1-1の左上頂点)と点B'(矩形P2-1の左下頂点)とが求められ、これらの2点A'、B'を対角線上の頂点とする矩形領域 $X' \times Y'$ が求められる。

【0076】

これに対し、高速モードでは、接続対象ピンP1の代表ピンP1-2と接続対象ピンP2

50

の代表ピン P 2 - 2 との間で最も遠くなる点 A " (矩形 P 1 - 2 の左上頂点) と点 B " (矩形 P 2 - 2 の左下頂点) とが求められ、これらの 2 点 A ' , B ' を対角線上の頂点とする矩形領域 X " × Y " が求められることになる。

代表ピンのみで矩形領域を設定した場合、配線密度の予測結果の精度が若干低下する可能性はあるが、セルライブラリ 3 2 から読み出すデータ量が減少し、矩形領域を求める処理に要する時間を大幅に削減することができる。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 5 4 もしくは S 5 6 で求められた矩形領域 X × Y の大きさは、さらに、矩形領域設定部 6 2 により、制御パラメータ記憶部 3 4 に登録されている配線経路の迂回率 m_x , m_y に基づいて調整される (ステップ S 5 7) 。

例えば図 1 0 に示すように、2つのセル C 1 , C 2 について矩形領域 X × Y が求められ、x 方向および y 方向への配線経路の迂回率として m_x , m_y が設定されている場合、矩形領域の x 方向、y 方向の 2 辺の長さ X , Y にそれぞれ迂回率 m_x , m_y を乗算し、矩形領域が X × Y から $(X * m_x) * (Y * m_y)$ に調整される。このとき、調整後の新たな矩形領域 $(X * m_x) * (Y * m_y)$ の 4 頂点は、調整前の矩形領域 X × Y の 4 頂点から均等に離れた位置に配置される。これにより、x , y 方向の迂回率に従って矩形領域が大きく設定され、迂回によって配線経路が通過する可能性がある領域を考慮しながら配線密度を予測することができる。なお、配線経路の迂回を行なわない場合には、迂回率 m_x , m_y はどちらも 1 に設定されるので、ステップ S 5 7 による処理後も矩形領域は X × Y のままになる。

【 0 0 7 8 】

上述のようにして矩形領域が設定された後、配線通過確率算出部 6 3 により、配線がその矩形領域内における配線グリッドのある 1 つの格子点を通過する確率を算出する (ステップ S 5 8) 。このとき、矩形領域内において 2 つのセルの接続対象ピン間の配線が配線グリッドの各格子点を通過する確率は一樣 (一律) であるとみなして、その格子点に x 方向から到達する確率 W_x および y 方向から到達する確率 W_y を、配線通過確率として算出する。

【 0 0 7 9 】

図 8 を参照して配線通過確率の具体例について説明する。矩形領域 X × Y 内では、マンハッタン配線法により配線が行なわれた場合、どのような経路であっても 2 つの点 A , B 間を結ぶ配線経路の長さ (配線長) は常に同じであり、配線が通過する配線グリッドの格子点の数も常に同じである。

図 8 に示す例において、セル C 1 の点 A とセル C 2 の点 B とを結ぶ配線経路上には、その配線が x 方向から配線グリッドの格子点に到達する点は必ず 2 8 個存在し、その配線が y 方向から配線グリッドの格子点に到達する点は必ず 3 0 個存在する。従って、矩形領域 X × Y 内の配線グリッドのある 1 つの格子点に x 方向から配線が到達する確率 W_x は、 $(28 / (28 + 30)) * (1 / (28 * 30))$ となり、同様に、y 方向から配線が到達する確率 W_y は、 $(30 / (28 + 30)) * (1 / (28 * 30))$ となる。

【 0 0 8 0 】

配線通過確率を算出した後、矩形領域占有率算出部 6 4 により、各評価単位格子において矩形領域が占める割合〔面積比 = (評価単位格子と重なる矩形領域の面積) / (評価単位格子の面積) 〕を矩形領域占有率 a として算出し (ステップ S 5 9) 、回路設計情報記憶部 3 1 から x 方向配線層の数 n_x および y 方向配線層の数 n_y を読み出すとともに (ステップ S 6 0) 、制御パラメータ記憶部 3 4 からネット種別に応じた線幅の重み付け量 (線幅率) b を読み出す (ステップ S 6 1) 。なお、これらのステップ S 5 9 ~ S 6 1 の処理順序は、図 5 に示す順序に限定されるものではない。

【 0 0 8 1 】

そして、第 1 の影響値算出部 6 5 により、評価単位格子ごとに、今回選択された 2 つのセル間の配線によりその評価単位格子での配線密度 D がどれだけ増加するかを示す指標となる第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y が、確率 W_x , W_y , 矩形領域占有率 a , 層数 n_x ,

10

20

30

40

50

n_y および線幅率 b に基づいて、配線方向 x , y にそれぞれ対応した前記式 (1) , (2) を用いて算出される (ステップ S 6 2) 。

【 0 0 8 2 】

例えば、図 8 に示す評価単位格子 D 1 においては、格子 D 1 の全てが矩形領域と重なっているので、矩形領域占有率 a は 1 となる。一方、図 8 に示す評価単位格子 D 2 においては、その一部のみが矩形領域と重なっており、矩形領域占有率 a は $16 / 100 (= 0 . 16)$ となる。

また、 x 方向配線層が n_x 存在し、 y 方向配線層が n_y 存在する場合には、確率 W_x , W_y に、その層数 n_x , n_y の逆数をそれぞれ乗算する。例えば、設計対象の回路が 3 層で構成され、第 1 層が x , y 両方向の配線層、第 2 層および第 3 層がいずれも y 方向配線層である場合、 $n_x = 1$, $n_y = 3$ となり、図 8 に示す評価単位格子 D 2 において、 $P_x = W_x * (16/100) * (1/1)$, $P_y = W_y * (16/100) * (1/3)$ となる。

【 0 0 8 3 】

さらに、本実施形態では、確率 W_x , W_y には線幅率 b も乗算されている。通常の配線では、配線グリッド内で配線を行なうが、クロックネットや電源ネット等の特殊ネットは、線幅が広く、隣接する配線グリッドも使用してしまうことになり、評価単位格子内で配線が通過する確率も増大することになる。これを考慮すべく、前述のごとく線幅率 b をネット種別 (配線種別) ごとに制御パラメータ記憶部 3 4 に予め登録しておき、第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y に対し線幅率 b を乗算して、ネット種別に応じた線幅による重み付けを行なうことにより、通常の配線より線幅の太い、クロックや電源のための特殊配線等については、その線幅の太さに見合った第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y が算出される。

【 0 0 8 4 】

例えば図 1 1 に示すように、通常の配線 E 1 は 1 本の配線グリッドしか使用しないが、クロック配線や電源配線等の特殊配線 E 2 は、両側のグリッドも使用しており、全部で 3 本のグリッドを使用することになる。このような場合、線幅率 b として $3 (300 \%)$ を予め設定しておくことで、その線幅を考慮した第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y が算出される。なお、図 1 1 において、点線は、図 8 と同様、配線グリッドを示している。

【 0 0 8 5 】

上述のごとく評価単位格子ごとに算出された第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y は、配線密度算出部 7 0 により、評価単位格子ごとに積算され、その積算値 (総和) が、各評価単位格子での配線密度 D として算出される (ステップ S 6 3) 。

この後、所定のセル配置領域内に配置されたセル間の全ての配線について演算を終了したか否かを判定し (ステップ S 6 4) 、配線に接続されるべきセルが残っている場合 (N O ルート) には、ステップ S 5 1 に戻って同様の処理を繰り返し実行する一方、全ての配線について演算を終了している場合 (Y E S ルート) には、本処理を終了して、図 4 のステップ S 3 4 へ移行する。

【 0 0 8 6 】

ステップ S 3 4 、即ち、配線禁止領域を配線密度 D に加味するための演算処理に際しては、図 6 に示すように、まず、回路設計情報記憶部 3 1 を参照し、セル配置領域内に配線禁止領域が存在する場合、配線禁止領域占有率算出部 6 6 により、配線禁止領域を選択してから (ステップ S 7 1) 、その配線禁止領域が各評価単位格子において占める割合 [面積比 = (評価単位格子と重なる配線禁止領域の面積) / (評価単位格子の面積)] を配線禁止領域占有率 a_1 として算出する (ステップ S 7 2) 。

【 0 0 8 7 】

また、第 2 の影響値算出部 6 7 において、その配線禁止領域で禁止される配線の方向 (x , y) への配線を行なう配線層の数 n を、回路設計情報記憶部 3 1 から読み出した後 (ステップ S 7 3) 、配線禁止領域内では配線が確率 1 で存在するものとみなして、評価単位格子ごとに、配線禁止領域によりその評価単位格子での配線密度 D がどれだけ増加するかを示す指標となる第 2 の配線密度影響値 P_1 が、配線禁止領域占有率 a_1 および層数 n に基づいて、前記式 (3) を用いて算出される (ステップ S 7 4) 。

【 0 0 8 8 】

例えば、ある評価単位格子内が、全ての配線層において配線禁止領域である場合には、第2の配線密度影響値 P_1 は1となる。また、 n 層ある x 方向配線層のうちの1層において、ある評価単位格子内の $1/2 (= a_1)$ が配線禁止領域となっている場合には、第2の配線密度影響値 P_1 として $1 * (1/2) * (1/n)$ が算出される。

【 0 0 8 9 】

上述のごとく評価単位格子ごとに算出された第2の配線密度影響値 P_1 は、配線密度算出部70により、評価単位格子ごとに積算され、既に算出されている第1の配線密度影響値 P_x , P_y の総和に加算され、各評価単位格子での配線密度 D として算出される(ステップS75)。

10

この後、所定のセル配置領域内における全ての配線禁止領域について演算を終了したか否かを判定し(ステップS76)、未処理の配線禁止領域がある場合(NOルート)には、ステップS71に戻って同様の処理を繰り返し実行する一方、全ての配線禁止領域について演算を終了している場合(YESルート)には、本処理を終了して、図4のステップS35へ移行する。

【 0 0 9 0 】

ステップS35、即ち、セル内構成を配線密度 D に加味するための演算処理に際しては、図7に示すように、まず、セル占有率算出部68により、セル配置情報記憶部33を参照してセル配置領域内に配置されるセルを選択し(ステップS81)、各配線層の各評価単位格子においてそのセルが占める割合〔面積比 = (評価単位格子と重なるセルの面積) / (評価単位格子の面積)〕をセル占有率 a_2 として算出する(ステップS82)。なお、セルの面積は、セルライブラリ32から読み出される。

20

【 0 0 9 1 】

また、第3の影響値算出部69において、そのセルにおける x 方向配線の占有率 d_x と y 方向配線の占有率 $d_y (= 1 - d_x)$ とを、制御パラメータ記憶部34から読み出した後(ステップS83)、評価単位格子ごとに、各セル内構成(配線パターン、ピン)によりその評価単位格子での配線密度 D がどれだけ増加するかを示す指標となる第3の配線密度影響値 P_x' , P_y' が、セル占有率 a_2 および配線方向占有率 d_x , d_y に基づいて、配線方向 x , y にそれぞれ対応した前記式(4) , (5)を用いて算出される(ステップS84)。

30

【 0 0 9 2 】

本実施形態では、セル内構成である配線パターン(ピン)が使用する配線層をセル内で一律とするのではなく、使用配線層を x/y 方向配線の占有率 d_x , d_y に従って分配し、各セル内の配線パターンが各評価単位格子での配線密度 D に与える影響の度合いを、第3の配線密度影響値 P_x' , P_y' として、配線方向 x , y のそれぞれについて算出している。

【 0 0 9 3 】

例えば、表面層のみでセル内構成が実現され、且つ、設計対象回路(チップ)の表面層の主配線方向が x 方向である場合、 x 方向配線の占有率 d_x は1(100%; $d_y = 0$)として制御パラメータ記憶部34に登録されており、その値に基づいて前記式(4) , (5)による演算を行なうことにより、 x 方向配線層の評価単位格子における第3の配線密度影響値 P_x' だけが算出されることになる。

40

【 0 0 9 4 】

上述のごとく評価単位格子ごとに算出された第3の配線密度影響値 P_x' , P_y' は、配線密度算出部70により、評価単位格子ごとに積算され、既に算出されている第1の配線密度影響値 P_x , P_y と第2の配線密度影響値 P_1 との総和に加算され、各評価単位格子での配線密度 D として算出される(ステップS85)。

【 0 0 9 5 】

この後、全てのセルについて演算を終了したか否かを判定し(ステップS86)、未処理のセルがある場合(NOルート)には、ステップS81に戻って同様の処理を繰り返し実

50

行する一方、全てのセルについて演算を終了している場合（ＹＥＳルート）には、本処理を終了して、図４のステップＳ３６へ移行する。

上述の処理により、配線密度算出部７０では、評価単位格子ごとに、セル間配線について算出された第１の配線密度影響値 P_x 、 P_y と、配線禁止領域について算出された第２の配線密度影響値 P_1 と、セル内構成について算出された第３の配線密度影響値 P_x' 、 P_y' との総和が、各評価単位格子での配線密度 D として算出される。

【００９６】

このとき、前述した通り、 x 方向の配線密度 D_x を算出する際には、評価単位格子ごとに、 x 方向について算出された影響値 P_x 、 P_1 、 P_x' を積算し、 y 方向の配線密度 D_y を算出する際には、評価単位格子ごとに、 y 方向について算出された影響値 P_y 、 P_1 、 P_y' を積算し、 x 、 y 両方向の配線密度 $D_{x/y}$ を算出する際には、評価単位格子ごとに、全ての影響値 P_x 、 P_y 、 P_1 、 P_x' 、 P_y' を積算する。

【００９７】

さて、上述のようにして配線密度 D の算出（予測）を終了すると、図４に示すように、表示制御部１１により、制御パラメータ記憶部３４の自動表示フラグがオンに設定されているか否かを判定し（ステップＳ３６）、オンでなければ（ＮＯルート）、ディスプレイ１０に所定のセル配置領域における評価単位格子を表示させるとともに（ステップＳ３７）、 x 方向の配線密度と y 方向の配線密度と x 、 y 両方向の配線密度とのうちのいずれを表示するかを判断する（ステップＳ３８）。

【００９８】

x 方向の配線密度を表示する場合（“ x ” ルート）、各評価単位格子内の表示状態を x 方向の配線密度 D_x に応じて色分け表示し（ステップＳ３９）、 y 方向の配線密度を表示する場合（“ y ” ルート）、各評価単位格子内の表示状態を y 方向の配線密度 D_y に応じて色分け表示し（ステップＳ４０）、 x 、 y 両方向の配線密度 $D_{x/y}$ を表示する場合（“ x/y ” ルート）、各評価単位格子内の表示状態を x 、 y 両方向の配線密度 $D_{x/y}$ に応じて色分け表示する（ステップＳ４１）。

【００９９】

ステップＳ３７～Ｓ４１によってディスプレイ１０上に表示された配線密度画面の例（配線密度の段階的表示の例）を図１３に示す。この図１３に示す格子の一つ一つが前述した評価単位格子であり、配線密度の高い方から順に、例えば、赤色、橙色、黄色、緑色、青色、紺色で各評価単位格子内が色付け表示される。ただし、上述のような色分け表示に限定されるものではなく、配線密度の高低を各評価単位格子内の表示状態によって判断できる表示手法であれば、他の手法でもよく、例えば、図１３に実際に示されているように、各評価単位格子内に記入される模様によって配線密度の段階的表示を行なってもよい。

【０１００】

また、本実施形態のセル配置装置１においては、図１３に示すような配線密度画面をディスプレイ１０上で複数表示できるので、複数の異なるセル配置状態についての配線密度画面をディスプレイ１０上に同時に表示し、配線密度の比較評価を行なうことも可能である。

一方、ステップＳ３６において制御パラメータ記憶部３４の自動表示フラグがオンであると判定された場合（ＹＥＳルート）には、表示制御部１１において、配線密度予測部４２により得られた各評価単位格子の配線密度 D と、制御パラメータ記憶部３４に予め設定されている基準値とを比較し、基準値以上の配線密度 D をもつ評価単位格子が存在するか否かを判断する（ステップＳ４２）。

【０１０１】

基準値以上の配線密度 D をもつ評価単位格子が存在する場合（ＹＥＳルート）、表示制御部１１により、自動的に、基準値以上の配線密度 D をもつ評価単位格子に存在するセルと、その評価単位格子を通過するネット（配線）と、そのネットにつながるセルとが、図１４に示すごとくディスプレイ１０上のセル配置画面で強制的に表示されるとともに、強制的に表示されたセルおよびネットに関する情報（セル名、ネット名等）が、図１５に示す

ようなリストとして、ディスプレイ 10 上の別ウインドウで表示される（ステップ S 4 3）。

【0102】

前述した図 3 のステップ S 1 5 や図 4 のステップ S 4 3 によってディスプレイ 10 上のセル配置画面で強調表示されたセルやネットの例を図 1 4 に示す。この図 1 4 では、指定された評価単位格子内、もしくは、基準値以上の配線密度 D をもつ評価単位格子内に存在するセルが、例えば赤色（ハッチ記入領域）で強調表示され、その評価単位格子を通過するネットが、例えば黄色（一点鎖線）で強調表示され、そのネットにつながるセルが、例えば青色（網掛け領域）で強調表示される。ただし、上述のような色付けによる強調表示に限定されるものではなく、高輝度表示による強調表示等の他の強調表示手法を用いてもよい。

10

【0103】

また、前述した図 3 のステップ S 1 7 や図 4 のステップ S 4 3 によってディスプレイ 10 上に表示されたりリストの例を図 1 5 に示す。この図 1 5 に示すリストでは、上段に、指定された評価単位格子内、もしくは、基準値以上の配線密度 D をもつ評価単位格子内に存在するセルに関する情報が表示され、下段に、その評価単位格子を通過するネットに関する情報が表示されている。

【0104】

ステップ S 3 9 ~ S 4 1 や S 4 3 による表示処理終了後、もしくは、ステップ S 4 2 で基準値以上の配線密度 D をもつ評価単位格子が存在しないと判断された場合（N O ルート）には、図 3 のステップ S 1 4 へ移行する。

20

図 4 のステップ S 3 2 で、セルの配置変更（再配置）を行なった後の再処理であると判定された場合（Y E ルート）、即ち、配線密度予測部 4 2 が各評価単位格子の配線密度 D を予測した後にその配線密度 D の予測結果に応じてセル配置が変更され配線密度予測部 4 2 が変更後のセル配置に基づいて配線密度 D を再予測する場合には、本実施形態では、以下のような処理を行なう。

【0105】

つまり、配線密度予測部 4 2 において、配置を変更されたセルについて配置変更前に算出された第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y および第 3 の配線密度影響値 P_x' , P_y' を、そのセルにかかる評価単位格子の配線密度 D から減算する（ステップ S 4 4 ）。

30

そして、配置変更後のセルについてステップ S 3 3 および S 3 5 の処理を行ない、そのセルについての第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y および第 3 の配線密度影響値 P_x' , P_y' を、評価単位格子ごとに算出し、配線密度算出部 7 0 により、評価単位格子ごとに、前記減算の結果に、再算出された第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y および第 3 の配線密度影響値 P_x' , P_y' を加算した値を、その評価単位格子での配線密度 D として算出してから（ステップ S 4 5 ）、ステップ S 3 6 へ移行する。

【0106】

図 1 2 はセル配置変更後の配線密度の再予測手順の具体例を示すもので、この図 1 2 における格子の一つ一つが評価単位格子を示している。

この図 1 2 に示すように、セル C 3 と位置 F 1 に配置されたセル C 4 との間を配線により接続するものとして、配線密度 D が評価単位格子ごとに算出されている場合に、セル C 4 を位置 F 1 から位置 F 2 に移動した場合、セル C 3 と C 4 との間の矩形領域（配線経路領域）は、点線で示す領域から一点鎖線で示す領域に変化する。この場合、（A）を付した評価単位格子について算出されている配線密度 D から、旧情報（第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y および第 3 の配線密度影響値 P_x' , P_y' ）を減算してから、（B）を付した評価単位格子について新たに算出された情報（第 1 の配線密度影響値 P_x , P_y および第 3 の配線密度影響値 P_x' , P_y' ）を加算することにより、全てのセルを対象として配線密度 D を再計算することなく最小の計算処理量でセル配置の変更後の配線密度を再予測することができる。

40

【0107】

50

このように、本発明の一実施形態によれば、セル間を結ぶ配線が各評価単位格子を通過する確率（第1の配線密度影響値 P_x , P_y ）を積算した値が、各評価単位格子の配線密度の予測値として求められ、多数のセルの相互間における配線密度 D を極めて短時間に且つ容易に予測できる。

これにより、セル配置時に、従来のごとく配線プログラムを起動することなくセルの配置結果だけに基づいて配線密度 D を予測できるので、配線密度 D による配線性評価を極めて短時間に且つ容易に行なうことができる。

【0108】

従って、実配線前に配線性の高いセル配置を短時間に行なえ、実配線後にセル再配置を行なう必要が生じる可能性を非常に低くでき、回路設計を極めて効率的に行なうことができる。

10

また、配線禁止領域やセル内構成が各評価単位格子の配線密度に影響を及ぼす度合いをそれぞれ第2の配線密度影響値 P_1 および第3の配線密度影響値 P_x' , P_y' として配線密度の予測値に加算することにより、これらの配線禁止領域やセル内構成を加味した配線密度 D を見積もることができ、セル間の配線性をより確実かつ厳密に評価できる。

【0109】

通常モードと高速モードとの切替設定を行なうことで、通常モード設定時には、セルライブラリ32に登録されている接続対象ピンについての全ピン情報を用いて接続対象ピンの位置が求められ、配線密度 D を精度よく予測できる一方、高速モード設定時には、代表ピン情報のみを用いて接続対象ピンの位置が求められ、セルライブラリ32から読み出すデータ量が減少し、矩形領域を求める処理に要する時間を削減でき、配線密度 D の予測つまりは配線性評価をより高速に行なうことができる。

20

【0110】

また、2つのセルを結ぶ配線が通過しうる矩形領域を求める際に、配線経路の迂回率に応じてその矩形領域を大きく調整することにより、その迂回によって配線経路が通過する可能性がある領域を考慮した配線密度 D を見積もることができ、セル間の配線性をより確実かつ厳密に評価できる。

さらに、第1の配線密度影響値 P_x , P_y に対し、ネット種別に応じた線幅による重み付け（線幅率 b の乗算）を行なうことにより、通常の配線より線幅の太い、クロックや電源のための特殊ネット等については、その線幅の太さに見合った第1の配線密度影響値 P_x , P_y を算出できるので、配線ネットを考慮した配線密度 D を見積もることができ、セル間の配線性をより確実かつ厳密に評価できる。

30

【0111】

また、本実施形態では、図12を参照しながら説明した通り、全てのセルを対象として配線密度 D を再計算することなく最小の計算処理量でセル配置の変更後の配線密度 D を再予測できるので、実配線前に配線性の高いセル配置を行なうべくセルの再配置を行なっても、再配置後の配線密度を速やかに予測できるので、実配線前に配線性の高いセル配置を短時間に行なえ、回路設計の効率化に大きく寄与する。

【0112】

一方、ディスプレイ10における各評価単位格子内の表示状態を、図13に示すように評価単位格子毎に算出された配線密度 D に応じて色分けすることにより、オペレータは、ディスプレイ10を一目見ただけで、セル配置領域内のどの部分で配線密度が高くなっているか、つまりはどの領域においてセルの再配置を検討すべきかを判断することが可能であり、配線性を極めて容易に評価できる。

40

【0113】

また、図14に示すように、ディスプレイ10上で選択した評価単位格子にかかるセルやネットをディスプレイ10上のセル配置画面で強制的に表示することにより、オペレータは、その表示をセル再配置の判断の目安とすることができ、配線が混雑している部分（配線密度 D の高い評価単位格子）に係わっているセル、つまり再配置を検討すべきセルを、表示部上で視覚的に捉えて判断することができる。

50

【 0 1 1 4 】

このとき、強調表示とともに、強調表示されたセルおよび配線に関する情報を図 1 5 に示すようなリストとしてディスプレイ 1 0 上で表示することにより、オペレータは、配線の混雑に係わっているセルや配線を特定するための具体的な情報を直ちに認識することができる。

従って、オペレータは、配線の混雑にどのセルの配置が大きく係わっているかを速やかに判断して、配線の混雑を緩和させるためのセル配置移動（セル再配置）を極めてスムーズに行なうことができる。

【 0 1 1 5 】

また、自動表示フラグがオンである場合、基準値以上の配線密度をもつ評価単位格子にかかるセルやネットをディスプレイ 1 0 上のセル配置画面で自動的に強調表示するとともに、強調表示されたセルおよび配線に関する情報をディスプレイ 1 0 上でリストとして自動的に表示することにより、オペレータは、ディスプレイ 1 0 上で評価単位格子を選択する操作を一行なうことなく、配線混雑度（配線密度）の高い評価単位格子にかかるセルや配線をディスプレイ 1 0 で視覚的に捉えて直ちに判断できるとともに、それらのセルや配線を特定するための具体的な情報を直ちに認識することができる。従って、オペレータは、配線の混雑にどのセルの配置が大きく係わっているかを速やかに判断して、配線の混雑を緩和させるためのセル配置移動（セル再配置）をよりスムーズに行なうことができる。

【 0 1 1 6 】

さらに、オペレータは、各種制御パラメータ ▲ 1 ▼ ~ ▲ 7 ▼ を入力部 2 0 から会話形式で入力・設定できるので、配線密度 D の算出（予測）条件や配線性の評価基準や処理速度（通常 / 高速）等を適宜設定でき、状況に応じた最適な配線性評価を行ないながらセル配置を実行できる。

そして、本実施形態のセル配置装置 1 によれば、上述のごとく高速に行なわれる配線密度 D の再予測のほか、図 3 にて前述したセル配置情報のストア / リストア機能を用いることにより、最適なセル配置を容易に且つ高速に行なえるようになる。

【 0 1 1 7 】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【 0 1 1 8 】

【 発明の効果 】

以上詳述したように、本発明の配線密度予測方法およびセル配置装置によれば、以下のような効果ないし利点を得ることができる。

〔 1 〕セル間を結ぶ配線が各評価単位格子を通過する確率（第 1 の配線密度影響値）を積算した値が、各評価単位格子の配線密度の予測値として求められ、多数のセルの相互間における配線密度を極めて短時間に且つ容易に予測できる。これにより、セル配置時に、配線プログラムを起動することなくセルの配置結果だけに基づいて配線密度を予測できるので、配線密度による配線性評価を極めて短時間に且つ容易に行なうことができる。従って、実配線前に配線性の高いセル配置を短時間に行なえ、実配線後にセル再配置を行なう必要が生じる可能性を非常に低くでき、回路設計を極めて効率的に行なうことができる。

【 0 1 1 9 】

〔 2 〕配線禁止領域やセル内構成が各評価単位格子の配線密度に影響を及ぼす度合いをそれぞれ第 2 および第 3 の配線密度影響値として配線密度の予測値に加算することにより、これらの配線禁止領域やセル内構成を加味した配線密度を見積もることができ、セル間の配線性をより確実かつ厳密に評価できる。

【 0 1 2 0 】

〔 3 〕2 つのセルを結ぶ配線が通過しうる矩形領域を求めるべくこれらのセルの接続対象ピンの位置を求める際に、セルライブラリに登録されている代表ピン情報を用いることにより、セルライブラリから読み出すデータ量が減少し、矩形領域を求める処理に要する時間を削減でき、配線密度の予測つまりは配線性評価をより高速に行なうことができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 1 】

〔 4 〕通常モードと高速モードとの切換設定を行なうことで、通常モード設定時には、セルライブラリに登録されている接続対象ピンについての全ピン情報を用いて接続対象ピンの位置が求められ、配線密度を精度よく予測できる一方、高速モード設定時には、代表ピン情報のみを用いて接続対象ピンの位置が求められ、セルライブラリから読み出すデータ量が減少し、矩形領域を求める処理に要する時間を削減でき、配線密度の予測つまりは配線性評価をより高速に行なうことができる。

【 0 1 2 2 】

〔 5 〕2つのセルを結ぶ配線が通過しうる矩形領域を求める際に、配線経路の迂回率に応じてその矩形領域を大きく調整することにより、その迂回によって配線経路が通過する可能性がある領域を考慮した配線密度を見積もることができ、セル間の配線性をより確実かつ厳密に評価できる。

10

〔 6 〕第1の配線密度影響値に対し、配線種別に応じた線幅による重み付けを行なうことにより、通常の配線より線幅の太い、クロックや電源のための特殊配線等については、その線幅の太さに見合った配線通過確率（第1の配線密度影響値）を算出できるので、配線種別を考慮した配線密度を見積もることができ、セル間の配線性をより確実かつ厳密に評価できる。

【 0 1 2 3 】

〔 7 〕セル配置の変更後に配線密度を再予測する場合、配置を変更されたセルについて配置変更前に算出された旧情報（第1および第3の配線密度影響値）をそのセルにかかる評価単位格子の配線密度から減算してから、その減算結果に、配置変更後のセルについて算出された新情報を加算することにより、全てのセルを対象として配線密度を再計算することなく最小の計算処理量でセル配置の変更後の配線密度を再予測することができる。従って、実配線前に配線性の高いセル配置を行なうべくセルの再配置を行なっても、再配置後の配線密度を速やかに予測できるので、実配線前に配線性の高いセル配置を短時間に行なえ、回路設計の効率化に大きく寄与する。

20

【 0 1 2 4 】

〔 8 〕表示部に表示された各評価単位格子内の表示状態を、評価単位格子毎に算出された配線密度に応じて段階的に変化させることにより、回路設計者は、表示部を一目見ただけで、セル配置領域内のどの部分で配線密度が高くなっているか、つまりはどの領域においてセルの再配置を検討すべきかを判断することが可能であり、配線性を極めて容易に評価できる。

30

【 0 1 2 5 】

〔 9 〕表示部上で選択した評価単位格子に存在するセルとその評価単位格子を通過する配線とその配線につながるセルとを表示部上で強調的に表示することにより、回路設計者は、その表示をセル再配置の判断の目安とすることができ、配線が混雑している部分（配線密度の高い評価単位格子）に係わっているセル、つまり再配置を検討すべきセルを、表示部上で視覚的に捉えて判断することができる。

【 0 1 2 6 】

このとき、強調表示とともに、強調表示されたセルおよび配線に関する情報をリストとして表示部上で表示することにより、回路設計者は、配線の混雑に係わっているセルや配線を特定するための具体的な情報を直ちに認識することができる。

40

従って、回路設計者は、配線の混雑にどのセルの配置が大きく係わっているかを速やかに判断して、配線の混雑を緩和させるためのセル配置移動（セル再配置）を極めてスムーズに行なうことができる。

【 0 1 2 7 】

〔 10 〕自動表示フラグがオンである場合、基準値以上の配線密度をもつ評価単位格子に存在するセルとその評価単位格子を通過する配線とその配線につながるセルとを表示部上で自動的に強調表示するとともに、強調表示されたセルおよび配線に関する情報が表示部上でリストとして自動的に表示することにより、回路設計者は、表示部上で評価単位格

50

子を選択する操作を一々行なうことなく、配線混雑度（配線密度）の高い評価単位格子にかかるセルや配線を表示部上で視覚的に捉えて直ちに判断できるとともに、それらのセルや配線を特定するための具体的な情報を直ちに認識することができる。従って、回路設計者は、配線の混雑にどのセルの配置が大きく係わっているかを速やかに判断して、配線の混雑を緩和させるためのセル配置移動（セル再配置）を極めてスムーズに行なうことができる。

【 0 1 2 8 】

〔 1 1 〕回路設計者は、(1)評価単位格子の大きさ，(2)セル内の配線方向比率，(3)モード指定フラグ，(4)配線経路の迂回率，(5)第 1 の影響値算出部が配線種別に応じた線幅による重み付けを行なう際に第 1 の配線密度影響値に対し乗算される重み付け量，(6)リスト表示フラグ，(7)自動表示フラグおよび基準値を、制御パラメータとして入力部から会話形式で入力・設定できるので、配線密度の算出（予測）条件や配線性の評価基準や処理速度（通常／高速）等を適宜設定でき、状況に応じた最適な配線性評価を行ないながらセル配置を実行することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態としてのセル配置装置の機能的な全体構成を示すブロック図である。

【図 2】本実施形態の配線密度予測部の機能構成を詳細に示すブロック図である。

【図 3】本実施形態のセル配置装置によりセル配置を行なう際の手順を説明するためのフローチャートである。

【図 4】本実施形態のセル配置装置において配線密度の予測および表示を行なう際の手順を説明するためのフローチャートである。

【図 5】本実施形態におけるセル間配線密度の算出処理の手順を説明するためのフローチャートである。

【図 6】本実施形態における、配線禁止領域を配線密度に加味するための演算処理の手順を説明するためのフローチャートである。

【図 7】本実施形態における、セル内構成を配線密度に加味するための演算処理の手順を説明するためのフローチャートである。

【図 8】本実施形態における評価単位格子および矩形領域について説明するための図である。

【図 9】本実施形態の通常モード設定時および高速モード設定時における矩形領域の求め方について説明するための図である。

【図 10】本実施形態における、配線経路の迂回率による矩形領域の調整について説明するための図である。

【図 11】本実施形態における、配線種別に応じた線幅による重み付けについて説明するための図である。

【図 12】本実施形態における、セル配置変更後の配線密度の再予測手順の具体例について説明するための図である。

【図 13】本実施形態における配線密度の段階的表示の例（配線密度画面の例）を示す図である。

【図 14】本実施形態におけるセルおよびネットの強調表示例を示す図である。

【図 15】本実施形態におけるセルおよびネットに関する情報のリスト表示例を示す図である。

【図 16】従来のセル配置手順および配線性評価手法を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

1 セル配置装置

1 0 ディスプレイ（表示部）

1 1 表示制御部

2 0 入力部（キーボード，マウス）

10

20

30

40

50

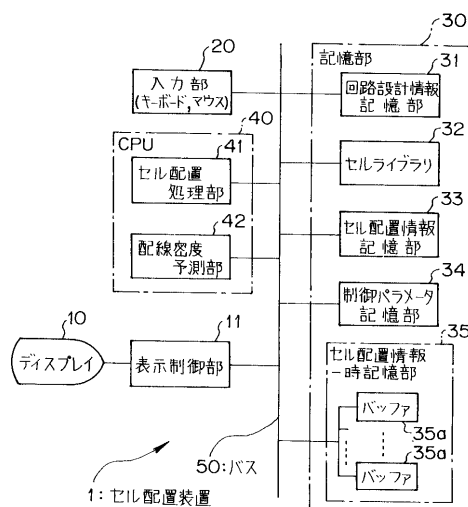
- | | |
|-------|--------------|
| 3 0 | 記憶部 |
| 3 1 | 回路設計情報記憶部 |
| 3 2 | セルライブラリ |
| 3 3 | セル配置情報記憶部 |
| 3 4 | 制御パラメータ記憶部 |
| 3 5 | セル配置情報一時記憶部 |
| 3 5 a | バッファ |
| 4 0 | C P U |
| 4 1 | セル配置処理部 |
| 4 2 | 配線密度予測部 |
| 5 0 | バス |
| 6 0 | 区画部 |
| 6 1 | セル選択部 |
| 6 2 | 矩形領域設定部 |
| 6 3 | 配線通過確率算出部 |
| 6 4 | 矩形領域占有率算出部 |
| 6 5 | 第 1 の影響値算出部 |
| 6 6 | 配線禁止領域占有率算出部 |
| 6 7 | 第 2 の影響値算出部 |
| 6 8 | セル占有率算出部 |
| 6 9 | 第 3 の影響値算出部 |
| 7 0 | 配線密度算出部 |

10

20

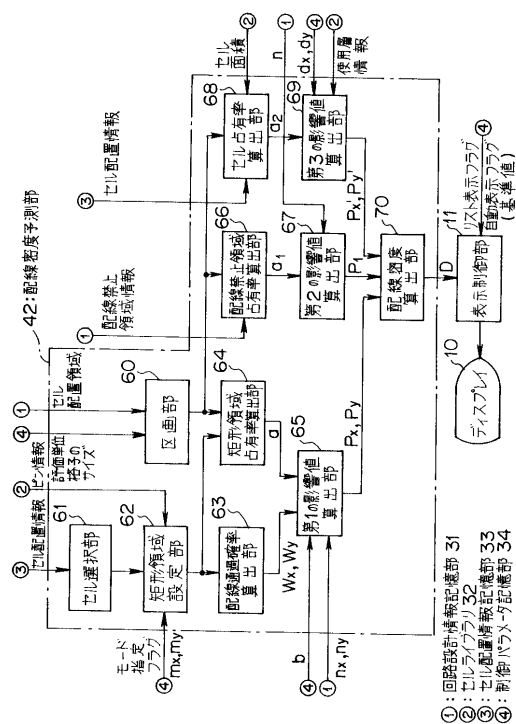
【圖 1】

本発明の一実施形態としてのセル配置装置の機能的な全体構成を示すブロック図



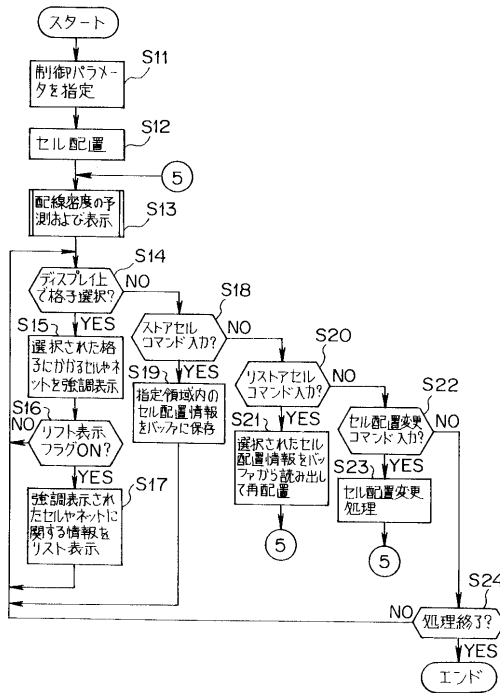
【圖 2】

本実施形態の配線密度予測部の機能構成を詳細に示すブロック図



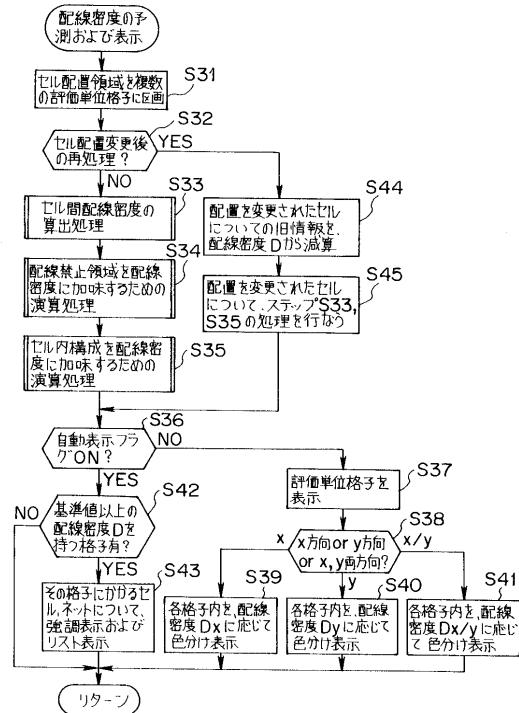
【図 3】

本実施形態のセル配置装置によりセル配置を行なう際の手順を説明するためのフローチャート



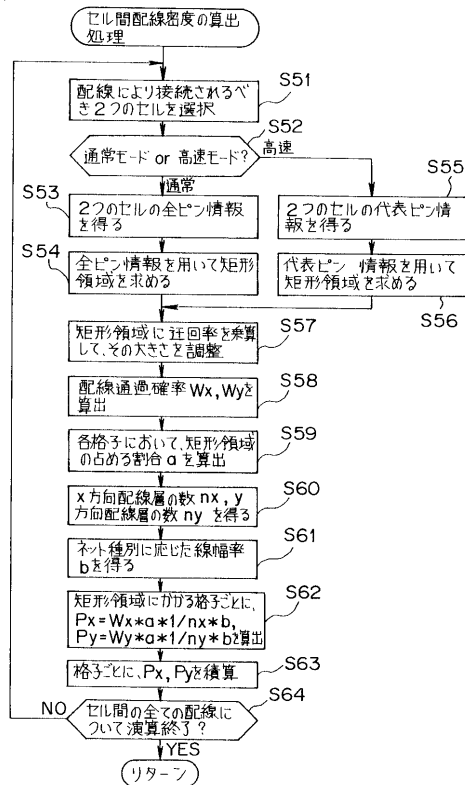
【図 4】

本実施形態のセル配置装置において配線密度の予測および表示を行なう際の手順を説明するためのフローチャート



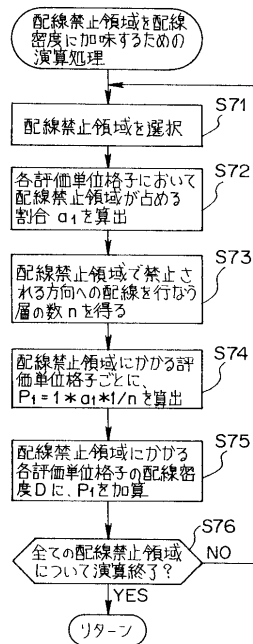
【図 5】

本実施形態におけるセル間配線密度の算出処理の手順を説明するためのフローチャート



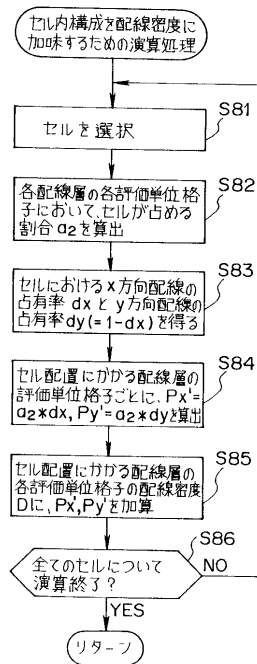
【図 6】

本実施形態における配線禁止領域と配線密度に加味するための演算処理の手順を説明するためのフローチャート



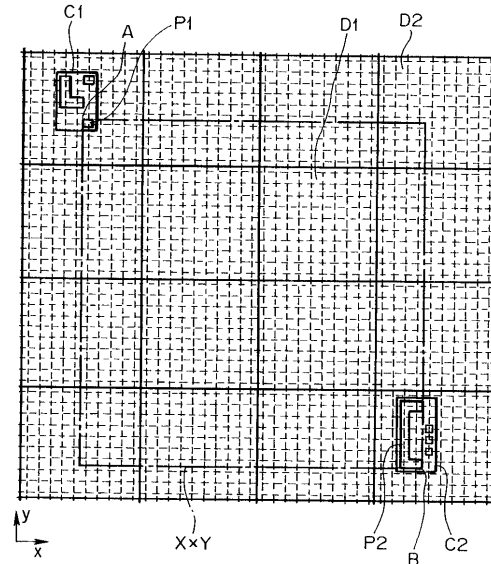
【図 7】

本実施形態における、セル内構成を配線密度に加味するための演算処理の手順を説明するためのフローチャート



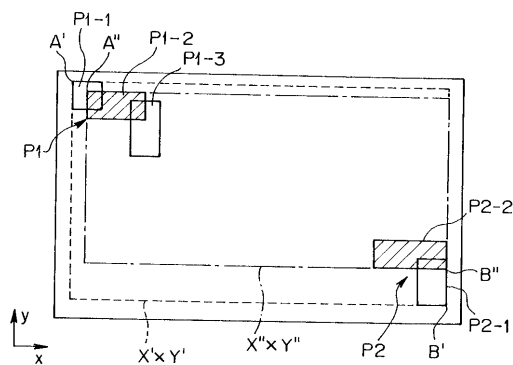
【図 8】

本実施形態における評価単位格子および矩形領域について説明するための図



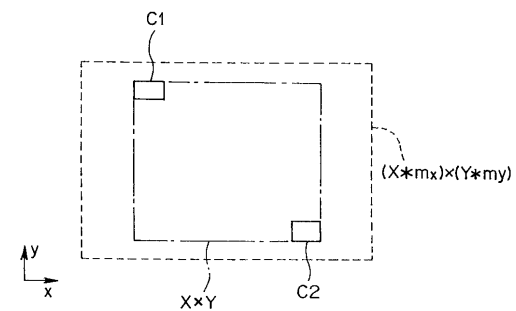
【図 9】

本実施形態の通常モード設定時および高速モード設定時における矩形領域の求め方について説明するための図



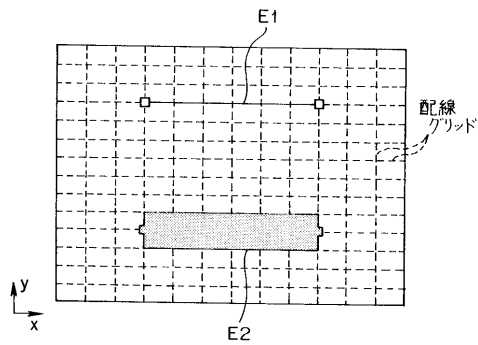
【図 10】

本実施形態における、配線経路の迂回率による矩形領域の調整について説明するための図



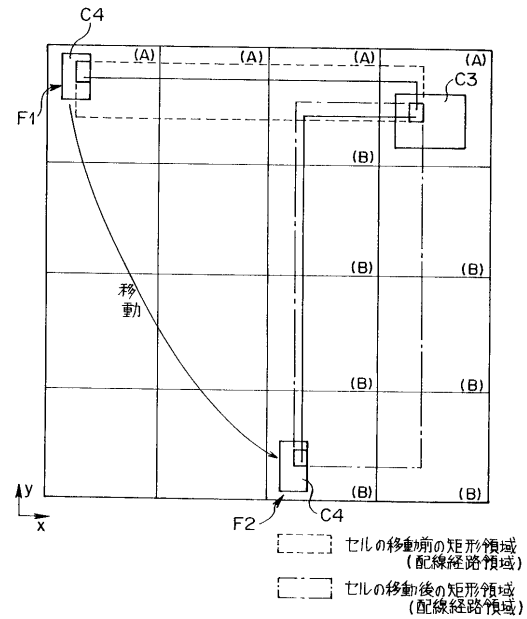
【図 1 1】

本実施形態における配線種別に応じた線幅による重み付けについて説明するための図



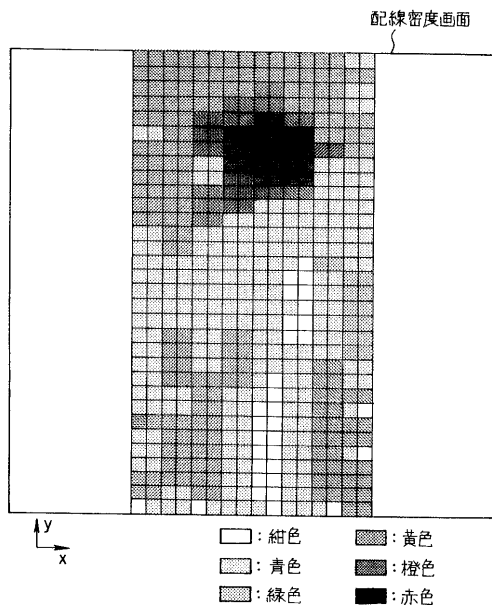
【図 1 2】

本実施形態における、セル配置変更後の配線密度の再予測手順の具体例について説明するための図



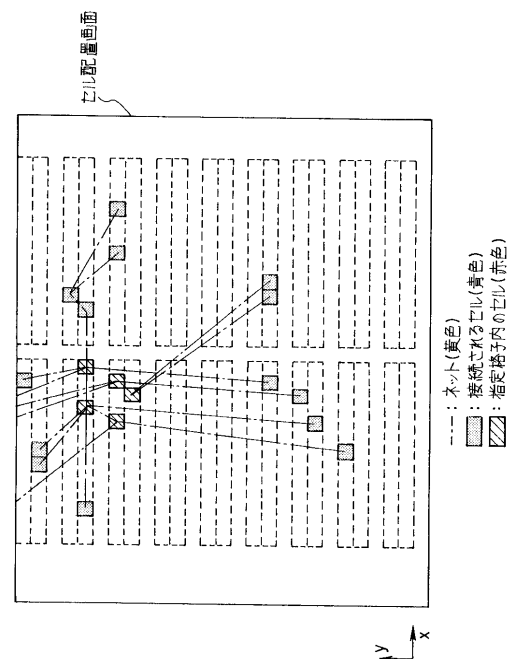
【図 1 3】

本実施形態における配線密度の段階的表示の例 (配線密度画面の例) を示す図



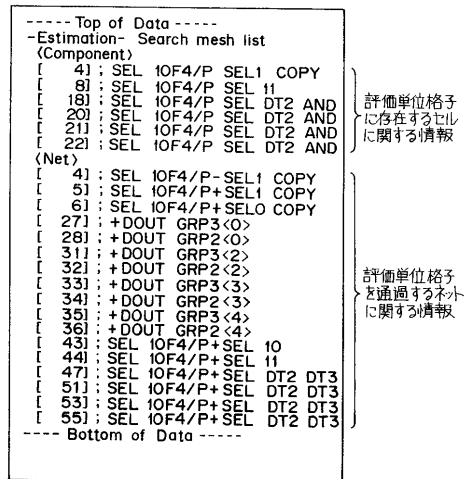
【図 1 4】

本実施形態におけるセルおよびネットの強調表示例を示す図



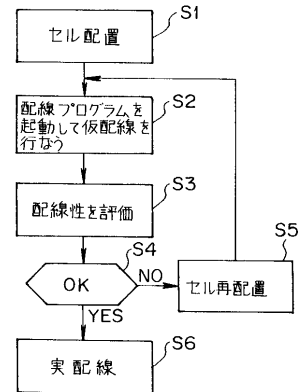
【図 15】

本実施形態におけるセルおよびネットに関する情報のリスト表示例を示す図



【図 16】

従来のセル配置手順および配線性評価手法を説明するためのフローチャート



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 9 - 0 4 5 7 7 6 (J P , A)
特開平 0 6 - 1 2 4 3 2 0 (J P , A)
特開平 0 2 - 2 9 2 8 4 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/822
H01L 27/04
G06F 17/50