

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年3月20日(20.03.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/041665 A1

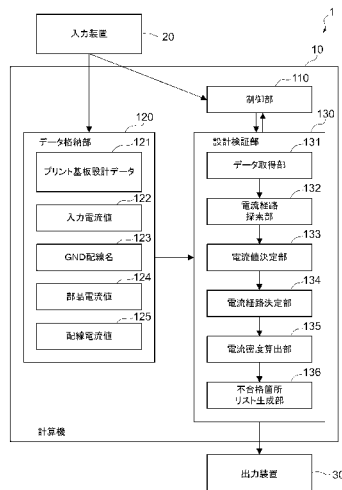
- (51) 国際特許分類:
G06F 17/50 (2006.01) H05K 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/073502
- (22) 国際出願日: 2012年9月13日(13.09.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 高見 知親 (TAKAMI, Tomochika) [JP/JP]; 〒2591392 神奈川県秦野市堀山下1番地 株式会社日立製作所 Iプラットフォーム事業本部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 大賀 真司, 外(OHGA, Shinji et al.); 〒1400002 東京都品川区東品川二丁目3番12号 シーフォートスクエア センタービルディング 16階 サンネクスト国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: PRINTED BOARD DESIGN VERIFICATION SYSTEM, PRINTED BOARD DESIGN VERIFICATION METHOD, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: プリント基板設計検証システム、プリント基板設計検証方法及び記録媒体

[図1]



- 10 Computer
20 Input device
30 Output device
110 Control unit
120 Data storage unit
121 Printed board design data
122 Input current value
123 GND wiring name
124 Component current value
125 Wiring current value
130 Design verification unit
131 Data acquisition unit
132 Current path search unit
133 Current value determination unit
134 Current path determination unit
135 Current density calculation unit
136 Failure locations list generation unit

(57) Abstract: [Problem] To provide a printed board design verification system with which the overall processing time required to design a printed board can be reduced. [Solution] A printed board design verification system (1) is equipped with: a data storage unit (120) storing data (121-125) input by means of an input device (20); a design verification unit (130) that verifies the current density in a current path when a printed board is manufactured; and an output device (30) that outputs the result of the verification by design verification unit (130). The design verification unit (130) of the printed board design verification system (1) acquires the data (121-125), searches for current paths in a manufactured printed board, determines the value for the current flowing in each copper foil forming the wiring of the current paths which have been found, determines copper foil current paths indicating the current path in each copper foil, calculates the current density in each copper foil, determines whether the calculated current densities exceed the allowable range of the design values, and sets as failure locations the wiring locations which are formed by copper foils that do not satisfy the standard used in the determination.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/041665 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ
シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッ
パ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】 プリント基板の設計に要する全体的な工程時間を短縮するプリント基板設計検証システム。
【解決手段】 プリント基板設計検証システム 1 は、入力装置 20 によって入力されるデータ 121～125 を格納するデータ格納部 120 と、プリント基板を製造した場合の電流経路における電流密度を検証する設計検証部 130 と、設計検証部 130 による検証結果を出力する出力装置 30 とを備える。そして、プリント基板設計検証システム 1 の設計検証部 130 は、データ 121～125 を取得し、製造後のプリント基板における電流経路を探索し、探索した電流経路の配線を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定し、各銅箔ベタにおける電流経路を示す銅箔ベタ電流経路を決定し、各銅箔ベタにおける電流密度を算出し、算出した電流密度が設計値の許容範囲を超えていないか判定し、判定の基準を満たさない銅箔ベタによる配線箇所を不合格箇所とする。

明 細 書

発明の名称：

プリント基板設計検証システム、プリント基板設計検証方法及び記録媒体 技術分野

[0001] 本発明は、プリント基板設計検証システム、プリント基板設計検証方法及び記録媒体に関し、プリント基板の電流経路における電流密度を検証するプリント基板設計検証システム、プリント基板設計検証方法及び記録媒体に適用して好適なものである。

背景技術

[0002] プリント基板は、集積回路（ＩＣ：Integrated Circuit）や大規模集積回路（ＬＳＩ：Large Scale Integration）等の半導体部品を、はんだ接続によって物理的及び電氣的に接続する役割を担っている。近年、プリント基板では、搭載部品の搭載精度が向上するに伴い、半導体部品とプリント基板との接続部の微細化が進んでいる。一般には、プリント基板上の半導体部品間の電氣的接続は、プリント基板に設けられた導体の配線を介して実現されるため、半導体部品とプリント基板との接続部の微細化が進むに従って、プリント基板の配線密度が増加する。また、低価格化のためにプリント基板の面積の縮小及び層数の低減が求められる結果、プリント基板に給電するための給電回路の縮小が求められ、電流経路の複雑化が進んでいる。

[0003] プリント基板の給電回路は銅箔ベタを電流経路とし、銅箔ベタを流れる電流密度は、設計段階で許容範囲が規定される。しかし、プリント基板の設計途中（主に設計中盤以降）において、配線を追加するために給電用の銅箔ベタを縮小することがあり、銅箔ベタを縮小しすぎた場合には、銅箔ベタを流れる電流密度が設計値を超えてしまう可能性がある。特に近年では、上述したようにプリント基板の配線密度が上昇し電流経路の複雑化も進んでいるので、銅箔ベタの縮小による電流密度の設計値超えが発生しやすい状況が増えている。銅箔ベタを流れる電流密度が設計値を超えたことに気づかないま

まプリント基板を製造すると、プリント基板に部品を配置し、当該プリント基板を搭載した装置を稼働するときになって初めて、銅箔ベタを流れる電流密度の超過に気づくことになる。この場合には、プリント基板の再設計及び再製造を行わなければならない、手戻りが発生してしまう。

[0004] プリント基板を搭載した装置の稼働前に異常の有無を確認する方法の１つに、プリント基板の実測試験がある。プリント基板の実測試験は、製造後のプリント基板に対して設計データとの整合性を確認するものであり、例えば特許文献１には、プリント基板への効率的な実測試験を支援するプリント基板試験支援装置が記載されている。特許文献１に記載されたプリント基板試験支援装置は、信号特性の劣化度合に基づいて、実測試験時に問題点が顕著に発生し得る重要度の高い配線パターンを特定することにより、実測試験の対象とする配線パターンを絞り込み、効率的な実測試験を支援することを特徴としている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開２０１１－２９２８５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献１に記載されたプリント基板試験支援装置は、製造後のプリント基板の実測試験を支援するものであるから、異常が発見された場合にはプリント基板の再設計及び再製造が必要なことに変わりはないという課題があった。また、特許文献１に記載されたプリント基板試験支援装置は、重要度の高い配線パターンを特定する方法として配線パターンにおける特性インピーダンスの変化や配線パターンに生じるクロストークを用いているので、銅箔ベタの電流経路における電流密度の変化を検証する用途には適用できないという課題があった。

[0007] 本発明は以上の点を考慮してなされたもので、プリント基板の設計に要す

る全体的な工程時間を短縮するプリント基板設計検証システム、プリント基板設計検証方法及び記録媒体を提案しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0008] かかる課題を解決するため本発明においては、プリント基板の設計中途以降の段階までに決定されるデータを示すプリント基板設計データとプリント基板の製造時に必要となるデータを示すプリント基板製造用データとを入力する入力部と、入力されたデータを格納する格納部と、格納部に格納されたデータに基づいて、プリント基板を製造した場合の電流経路における電流密度を算出し、算出した電流密度を参照して、設計値として定められた許容範囲を超える電流密度が発生する配線の不合格箇所が電流経路上にないか判定する設計検証部と、配線の不合格箇所を示す情報を出力する出力部と、を備え、設計検証部は、データ格納部に格納されたデータを取得し、取得したデータに基づいて製造後のプリント基板における電流経路を探索し、探索した電流経路において配線を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定し、各銅箔ベタにおける電流経路を示す銅箔ベタ電流経路を決定し、各銅箔ベタについて決定した電流値及び銅箔ベタ電流経路に基づいて、各銅箔ベタにおける電流密度を算出し、算出した電流密度が設計値の許容範囲を超えていないか判定し、判定の基準を満たさない銅箔ベタによる配線箇所を不合格箇所とすることを特徴とするプリント基板設計検証システムが提供される。

[0009] また、かかる課題を解決するため本発明においては、プリント基板を製造した場合の電流経路における電流密度が設計値として定められた許容範囲を超えないかを検証するプリント基板設計検証システムによるプリント基板設計検証方法であって、プリント基板設計検証システムが、データが入力される入力部と、データを格納するデータ格納部と、データ格納部に格納されたデータに基づいてプリント基板を製造した場合の電流経路における電流密度を検証する設計検証部と、設計検証部による検証結果を出力する出力部と、を有し、入力部がプリント基板の設計中途以降の段階までに決定されるデータを示すプリント基板設計データとプリント基板の製造時に必要となるデー

タを示すプリント基板製造用データとを入力するデータ入力ステップと、データ格納部が入力されたデータを格納するデータ格納ステップと、設計検証部が、データ格納部に格納されたデータを取得するデータ取得ステップと、取得したデータに基づいて製造後のプリント基板における電流経路を探索する電流経路探索ステップと、探索された電流経路について、該電流経路の配線を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定する電流値決定ステップと、電流値が決定された各銅箔ベタにおける電流経路を示す銅箔ベタ電流経路を決定する銅箔ベタ電流経路決定ステップと、電流値決定ステップで決定された電流値と銅箔ベタ電流経路決定ステップで決定された銅箔ベタ電流経路とに基づいて、各銅箔ベタにおける電流密度を算出する電流密度算出ステップと、算出した電流密度が設計値の許容範囲を超えていないか判定し、判定の基準を満たさない銅箔ベタによる配線箇所を不合格箇所とする不合格箇所判定ステップと、出力部が、不合格箇所とされた配線箇所を出力する検証結果出力ステップと、を備えることを特徴とするプリント基板設計検証方法が提供される。

[0010] また、かかる課題を解決するため本発明においては、プリント基板の設計中途以降の段階までに決定されるデータを示すプリント基板設計データと、プリント基板の製造時に必要となるデータを示すプリント基板製造用データとが入力されて記憶領域に格納されるコンピュータに、記憶領域に格納されたプリント基板設計データ及びプリント基板製造用データを取得するデータ取得手順と、データ取得手順で取得したデータに基づいて、製造後のプリント基板における電流経路を探索する電流経路探索手順と、電流経路探索手順で探索した電流経路について、該電流経路の配線を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定する電流値決定手順と、電流値決定手順で電流値を決定した各銅箔ベタにおける電流経路を示す銅箔ベタ電流経路を決定する銅箔ベタ電流経路決定手順と、電流値決定手順で決定した電流値と銅箔ベタ電流経路決定手順で決定した銅箔ベタ電流経路とに基づいて、各銅箔ベタにおける電流密度を算出する電流密度算出手順と、電流密度算出手順で算出した電流密

度が設計値の許容範囲を超えていないか判定し、判定の基準を満たさない銅箔ベタによる配線箇所を不合格箇所とする不合格箇所判定手順と、を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、設計の中途段階以降に、プリント基板の設計に要する全体的な工程時間を短縮するプリント基板設計検証システム、プリント基板設計検証方法及び記録媒体を実現できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の一実施の形態による設計認証システムの構成例を示すブロック図である。

[図2]図1に示す計算機のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図3]プリント基板設計データの一例を説明するテーブル図である。

[図4]プリント基板におけるピンの設置面を説明するための概略図である。

[図5]入力電流値を示す入力電流値テーブルの一例を示すテーブル図（その1）である。

[図6]入力電流値を示す入力電流値テーブルの一例を示すテーブル図（その2）である。

[図7]GND配線名を示すGND配線名テーブルの一例を示すテーブル図である。

[図8]部品電流値を定義する部品電流値テーブルの一例を示すテーブル図である。

[図9]配線電流値を定義する配線電流値テーブルの一例を示すテーブル図である。

[図10]電流経路の始点を決定する処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図11]始点部品テーブルの一例を示すテーブル図である。

[図12]検証対象となるプリント基板を上面から見た概略図である。

[図13]電流経路の始点から終点までの経路を探索し決定する処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図14]図 1 3 に示す処理手順のうち、電流経路を探索する処理手順を詳細に示すフローチャートである。

[図15]部品搭載後のプリント基板を上面から見た概要図である。

[図16]電流経路テーブルの一例を示すテーブル図である。

[図17]図 1 6 の電流経路テーブルが示す電流経路を木構造で表した概念図である。

[図18]電流経路に流れる電流値を決定する処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図19]定常電流の電流値が追加された電流経路テーブルの一例を示すテーブル図である。

[図20]図 1 9 の電流経路テーブルが示す電流経路を木構造で表した概念図である。

[図21]異常電流の電流値が追加された電流経路テーブルの一例を示すテーブル図である。

[図22]図 2 1 の電流経路テーブルが示す電流経路を木構造で表した概念図である。

[図23]銅箔ベタの一例を示す説明図（その 1）である。

[図24]銅箔ベタの一例を示す説明図（その 2）である。

[図25]図 2 4 に示す銅箔ベタにおける電流経路の決定方法を説明するための説明図である。

[図26]銅箔ベタの一例を示す説明図（その 3）である。

[図27]銅箔ベタの一例を示す説明図（その 4）である。

[図28]銅箔ベタの一例を示す説明図（その 5）である。

[図29]プリント基板の一例を示す断面図である。

[図30]図 2 9 に示すプリント基板の一部を上面から見た概念図である。

[図31]図 2 9 に示すプリント基板を下面から見た概念図である。

[図32]電流経路幅の最小値を算出する方法を説明するための説明図である。

[図33]電流経路幅の最小値を算出する処理手続の一例を示すフローチャートである。

[図34]銅箔ベタの一例を示す説明図（その6）である。

[図35]電流密度を説明するための概要図である。

[図36]算出結果リスト及び基準値リストの一例を示すデータ図である。

[図37]不合格箇所リストの一例を示すデータ図である。

発明を実施するための形態

[0013] （１）本発明の一実施の形態

本発明の一実施の形態による設計認証システムは、プリント基板の設計中途以降の段階までに決定されるデータとプリント基板の製造時に必要となるデータとに基づいて、プリント基板を製造した場合の電流経路における電流密度を算出し、算出した電流密度に基づいて電流経路上に設計値として定められた許容範囲を超える電流密度が発生する配線の不合格箇所がないかを検証することを特徴とする。

[0014] （１－１）プリント基板設計検証システムの全体構成

図１は、本発明の一実施の形態による設計認証システムの構成例を示すブロック図である。図１に示すように、プリント基板設計検証システム１は、計算機１０、入力装置２０、及び出力装置３０を備えて構成される。計算機１０は、入力装置２０及び出力装置３０に接続され、例えばパーソナルコンピュータやサーバ等の情報処理装置で実現される。入力装置２０は、例えばマウス又はキーボード等であって、ユーザからの入力操作に応じた信号を計算機１０に入力する機能を有する。出力装置３０は、例えばディスプレイ又はプリンタ等であって、計算機１０における処理結果を出力する機能を有する。

[0015] なお、以下の説明では銅箔ベタは線分及び円弧の集合体であり、部品を搭載するピンは矩形であり、ヴィアは円形であり、座標の単位系はミリメートルであることを前提に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない

。

[0016] (1-2) 計算機の構成

以下では、図1に示す計算機10について説明する。計算機10は、計算機10の各部を制御する制御部110、入力装置20から入力されたデータを格納するデータ格納部120、及びプリント基板の電流経路における電流密度を検証する設計検証部130を有している。データ格納部120には、設計検証部130による検証に必要なプリント基板に関するデータが格納され、設計検証部130は、制御部110による制御のもとで、データ格納部120に格納されたデータを参照しながら、プリント基板の電流経路における電流密度を検証する。

[0017] ここで、図2は、図1に示す計算機のハードウェア構成例を示すブロック図である。図2に示す計算機10は、中央処理装置（CPU: Central Processing Unit）11、主記憶装置12、補助記憶装置13、及び入出力インタフェース（I/F）14が、それぞれバスで接続されて構成されるコンピュータである。図1の制御部110は、図2に示す中央処理装置11に相当し、図1のデータ格納部120はデータを格納する記憶領域を有し、図2に示す主記憶装置12又は補助記憶装置13の少なくとも何れかに相当する。主記憶装置12及び補助記憶装置13は、プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。図1の設計検証部130は、主記憶装置12又は補助記憶装置13の少なくとも何れかに記憶されたプログラムを中央処理装置11が呼出して実行することによって実現される。入出力インタフェース14は、計算機10の外部との入出力を行うためのインタフェースであって、入力装置20及び出力装置30に接続する。

[0018] (1-3) データ格納部

図1に示すように、データ格納部120には、設計検証部130による検証に必要なプリント基板に関するデータとして、プリント基板設計データ121、入力電流値122、グラウンド（GND）配線名123、部品電流値124、及び配線電流値125が格納されている。プリント基板設計データ

1 2 1 は、検証対象となるプリント基板の設計時に決定されるデータであり、入力電流値 1 2 2、GND 配線名 1 2 3、部品電流値 1 2 4、及び配線電流値 1 2 5 は、プリント基板の製造時に必要となるデータを示すプリント基板製造用データの一例である。

[0019] 図 1 に示すプリント基板設計検証システム 1 では、設計検証部 1 3 0 による電流密度の検証が行われる前に、プリント基板設計データ 1 2 1 とプリント基板製造用データとが、予め入力装置 2 0 からデータ格納部 1 2 0 に入力される。プリント基板設計データ 1 2 1 及びプリント基板製造用データの各データは、例えば以下に説明するようにテーブル形式で管理されている。なお、以下に説明する各テーブルでは、特別に説明を行わない限りは、同名の項目欄には、当該項目欄について最初に説明したのと同様の記載が行われるものとして説明を省略する。

[0020] (1-3-1) プリント基板設計データ

プリント基板設計データ 1 2 1 は、検証対象となるプリント基板に使用又は形成される部品、部品ピン（ピンともいう）、銅箔ベタ、及び配線等のそれぞれについて、名称や位置情報等が記載されている。プリント基板設計データ 1 2 1 は、設計完了後の設計データを用いてもよく、プリント基板の電流経路を特定できる程度の銅箔ベタ情報が提供可能な段階であれば、設計中途以降の段階における設計データを用いてもよい。

[0021] 図 3 は、プリント基板設計データの一例を説明するテーブル図である。図 3 に示す部品データテーブル 1 4 1 は、プリント基板設計データ 1 2 1 の一部を示し、部品に関する情報が行ごとに記載されている。図 3 は、整理用の番号が記載される番号欄 1 4 1 A、部品名が記載される部品名欄 1 4 1 B、当該部品に設けられたピンの名前が記載されるピン名欄 1 4 1 C、当該ピンで接続する配線の名前が記載される配線名欄 1 4 1 D、及び、当該ピンの位置を示す位置情報が記載されるピンの位置情報欄 1 4 1 E を有するテーブルとして構成されている。図 3 では、ピンの位置情報欄 1 4 1 E に記載される位置情報として、ピンの X Y 座標及びプリント基板におけるピンの配置層が

記載されている。

[0022] 図4は、プリント基板におけるピンの設置面を説明するための概略図である。図4では、プリント基板のある1層について、絶縁層201の上面に配線層202が設けられ、配線層202のさらに上面にピン203Aが設けられている。また、ピン203Bは、配線層202の下方に絶縁基板201を貫通して設けられている。このとき、ピンの位置情報欄141Eにおいて、ピン203Aは「TOP」と記載され、ピン203Bは「THROUGH」と記載される。

[0023] 従って、例えば、図3で番号欄141Aに「1」が記載された行においては、「U1」という部品について、「U1.1」というピンが設けられ、当該ピンには「P12V_IN」という配線名の配線が接続されていることが示される。さらに、「U1.1」のピンは、XY座標(100, 40)の位置で、絶縁基板を貫通(「THROUGH」)して設けられていることが示される。

[0024] なお、プリント基板設計データ121は、プリント基板の設計中途以降の段階までに決定されるデータを示すプリント基板設計データの一例であるが、プリント基板設計データ121が実際に構成する部品データテーブル141も、プリント基板の設計中途以降の段階までに決定されるデータの一例といえる。

[0025] (1-3-2) 入力電流値及びGND配線名

入力電流値122は、プリント基板の配線に供給される電流値である。図5及び図6は、入力電流値を示す入力電流値テーブルの一例を示すテーブル図である。図5の入力電流値テーブル142は、整理用の番号が記載される番号欄142A、配線名欄142B、定常電流値欄142C、及び異常電流値欄142Dを有して構成される。配線名欄142Bには、電流が供給されるプリント基板の配線名が記載される。

[0026] 定常電流値欄142Cには、当該プリント基板が製造後に装置に適用されたときに、正常に稼動している状態における最大の電流値(定常電流値)が記載される。定常電流値は、当該プリント基板が搭載された装置が正常に稼

動している状態で、電流密度が高いことにより装置の正常稼動に不都合が発生するか否かを検証するために用いる値である。

[0027] 異常電流値欄 1 4 2 D には、当該プリント基板が製造後に装置に適用されたときに、電流供給元のヒューズあるいは保護回路等によりこの値を超える電流が流れないことが保障されている電流値（異常電流値）が記載される。異常電流値は、異常電流が発生した場合に、装置が保護されるか、あるいは焼損するか否かを検証するために用いる値である。以下の説明における定常電流値及び異常電流値は、上記と同様に定義されるため、説明を省略する。

[0028] 図 6 の入力電流値テーブル 1 4 3 は、番号欄 1 4 3 A、電流が供給されるピン名が記載されるピン名欄 1 4 3 B、配線名欄 1 4 3 C、定常電流値が記載される定常電流値欄 1 4 3 D、及び異常電流値が記載される異常電流値欄 1 4 3 E を有して構成され、図 5 の入力電流値テーブル 1 4 2 に、ピン名が記載されるピン名欄 1 4 3 B が追加された構成となっている。図 6 の入力電流値テーブル 1 4 3 は、ピンに対応した入力電流値を設定できることから、図 5 の入力電流値テーブル 1 4 2 のように、配線に対応した入力電流値よりも細かい入力電流値を指定することが可能となる。また、ピン名がピン名欄 1 4 3 B に記載されることにより、図 3 を参照して当該ピンに対応する配線名を取得することができるので、入力電流値テーブル 1 4 3 は、配線名欄 1 4 3 C を有していなくてもよい。

[0029] なお、本実施の形態によるプリント基板設計検証システム 1 では、入力電流値 1 2 2 は、入力電流値テーブル 1 4 2 又は入力電流値テーブル 1 4 3 の少なくとも何れかの形式によってデータ格納部 1 2 0 に格納されていればよい。

[0030] GND 配線名 1 2 3 は、プリント基板に形成される GND 配線の情報である。図 7 は、GND 配線名を示す GND 配線名テーブルの一例を示すテーブル図である。図 7 の GND 配線名テーブル 1 4 4 は、整理用の番号が記載される番号欄 1 4 4 A と、GND 配線の配線名が記載される配線名 1 4 4 B とを有して構成される。

[0031] (1-3-3) 部品電流値

部品電流値 124 は、部品の下流側に流れる電流値を示す。図 8 は、部品電流値を定義する部品電流値テーブルの一例を示すテーブル図である。図 8 の部品電流値テーブル 145 は、番号欄 145 A、部品電流値を定義する部品の名前が記載される部品名欄 145 B、定常電流値欄 145 C、異常電流値欄 145 D、及び上流適用欄 145 E を有して構成される。なお、番号欄 145 A に「1」又は「2」が記載された行のように、部品名欄 145 B には、部品名だけでなく当該部品に設けられるピン名まで記載されてもよい。定常電流値欄 145 C 及び異常電流値欄 145 D には、同じ行の部品名欄 145 B に記載された部品について、定常電流値及び異常電流値が記載される。また、上流適用欄 145 E には、当該部品の上流側に下流側と同じ大きさの電流が流れる（上流適用できる）と定義する場合には「有」が記載され、そうでない場合には「無」が記載される。

[0032] 図 8 に示す部品電流値テーブル 145 では、1つの部品に複数のインダクタが集合しているような部品の場合に、インダクタのピンを定義することによって、1つのインダクタを持つ部品と同様に扱う例が示されている。例えば、図 8 の番号欄 145 A に「1」が記載された行では、部品名「U001」のピン「1」とピン「2」とを 1 個のインダクタとして扱い、番号欄 145 A に「2」が記載された行では、部品名「U001」のピン「3」とピン「4」とを 1 つのインダクタとして扱っている。また、番号欄 145 A に「3」が記載された行では、部品名「Q1」で示される 3 ピンのトランジスタに流れる部品電流値を定義している。

[0033] また、図 8 の番号欄 145 A に「4」が記載された行では、部品名「F2」で示されるヒューズに流れる部品電流値を定義している。一般に、ヒューズは定格を超える電流が流れると電流を遮断するため、定常電流値を定義せず、異常電流値だけを定義している。また、番号欄 145 A に「5」が記載された行では、部品名「L1」で示されるインダクタに流れる部品電流値を定義している。

[0034] ここで、電流が流れる部品が2ピン部品の場合は、部品の上流及び下流に同じ大きさの電流が流れることから、部品に直結する上流配線に、下流配線と同じ電流値を適用することができ、そのような場合には、上流適用欄145Eに「有」が記載される。従って、例えば番号欄145Aに「1」, 「2」が記載された行では、部品「U001」が、各行でそれぞれ2ピンを持つ部品として定義されることから、上流適用を「有」としている。

[0035] 一方、番号欄145Aに「3」が記載されたトランジスタ「Q1」は、上述したように3ピン（多ピン）部品であり、一般的に下流と上流とで同じ電流値にならないので、上流適用は「無」としている。また、番号欄145Aに「4」が記載されたヒューズ「F2」は2ピン部品ではあるが、ヒューズの特性上、上流に流れる電流値がヒューズの定格値を超える場合があることから、上流適用は「無」としている。

[0036] (1-3-4) 配線電流値

配線電流値125は、配線部分に流れる電流値である。図9は、配線電流値を定義する配線電流値テーブルの一例を示すテーブル図である。図9に示す配線電流値テーブル146は、番号欄146A、配線名欄146B、定常電流値欄146C、及び異常電流値欄146Dを有して構成される。図8に示す部品電流値テーブル145が部品に対する電流値を定義していたのに対して、図9に示す配線電流値テーブル146は配線に対する電流値を直接定義するものである。

[0037] また、部品電流値テーブル145及び配線電流値テーブル146の両方で電流値が決定され得る配線が存在する場合には、何れかのテーブルに基づいて決定される電流値を使えばよい。本実施形態では、部品電流値テーブル145に基づいて決定される電流値よりも、配線電流値テーブル146に基づいて決定される電流値を優先して使用する。

[0038] なお、上述した入力電流値122、GND配線名123、部品電流値124、及び配線電流値125は、プリント基板の製造時に必要となるデータを示すプリント基板製造用データの一例であるが、各データを実際に構成する

入力電流値テーブル 142, 143、GND 配線名テーブル 144、部品電流値テーブル 145、及び配線電流値テーブル 146 も、プリント基板製造用データの一例といえる。

[0039] (1-4) 設計検証部

図 1 に示すように、設計検証部 130 は、データ取得部 131、電流経路探索部 132、電流値決定部 133、電流経路決定部 134、電流密度算出部 135、及び不合格箇所リスト作成部 136 を有する。前述したように、設計検証部 130 は、制御部 110 による制御のもとでプログラムが実行されることにより実現され、製造後のプリント基板の電流経路における電流密度を検証する。設計検証部 130 によるプリント基板の電流経路における電流密度の検証は、入力装置 20 から制御部 110 に電流密度の検証を開始させる所定の実行指令が入力され、当該実行指令を受けた制御部 110 が検証処理の実行を設計検証部 130 に指示することをトリガとして開始される。

[0040] 設計検証部 130 による電流密度の検証では、まず、データ取得部 131 が検証に必要なデータをデータ格納部 120 から取得し、電流経路探索部 132 がプリント基板の銅箔ベタ及び配線に関する情報に基づいて製造後のプリント基板における電流経路を探索する。次に電流値決定部 133 が、電流経路探索部 132 によって探索された電流経路と、データ取得部 131 によって取得された入力電流値 122、部品電流値 124 及び配線電流値 125 とに基づいて、電流経路の配線を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定する。次いで電流経路決定部 134 が、銅箔ベタに関する情報と電流経路探索部 132 によって探索された電流経路とに基づいて、配線を形成する各銅箔ベタにおける電流経路（銅箔ベタ電流経路）を決定する。そして、電流密度算出部 135 が、電流経路決定部 134 によって決定された銅箔ベタ電流経路における電流密度を算出する。最後に、不合格箇所リスト作成部 136 が、電流密度算出部 135 によって算出された電流密度が設計値を満たす許容範囲内であるか否かを判定し、不合格と判定した箇所（不合格箇所）のリストを生成して出力する。以下では、このような設計検証部 130 による電

流密度の検証処理について、より詳しく説明する。

[0041] (1-4-1) データの取得

まず、設計検証部130が制御部110から電流密度の検証処理を実行する指示を受信すると、データ取得部131が、データ格納部120にアクセスし、データ格納部120に格納されている各種データ121~125を取得する。なお、ここでデータ取得部131によってデータ格納部120から実際に取得されるデータは、図3に一例を示した部品データテーブル141、図5及び図6に一例を示した入力電流値テーブル142、143、図7に一例を示したGND配線名テーブル144、図8に一例を示した部品電流値テーブル145、及び図9に一例を示した配線電流値テーブル146とする。

[0042] そして、データ取得部131は、プリント基板設計データ121（又は部品データテーブル141）から、部品、部品ピン、銅箔ベタ、及び配線に関連する情報（部品情報、ピン情報、銅箔ベタ情報、及び配線情報）を抽出する。その後、データ取得部131は、データの取得が完了したことを電流経路探索部132に通知する。

[0043] (1-4-2) 電流経路の探索

電流経路探索部132は、データ取得部131によるデータの取得が完了した旨の通知を受信すると、データ取得部131によって取得された情報に基づいて、製造後のプリント基板における電流経路を探索し、電流経路を示すためのテーブル（電流経路テーブル）を作成する。電流経路テーブルについては、図16を参照して後述する。

[0044] (1-4-2-1) 電流経路の始点の決定

電流経路探索部132は、電流経路テーブルを作成するために、まず、入力電流値テーブルを参照して、電流が入力される部品、すなわち、電流経路の始点を決定する。

[0045] ここで、入力電流値テーブルとして図5に示した入力電流値テーブル142を用いる場合について説明する。入力電流値テーブル142は、配線ごと

に流れる電流値が記載されたテーブルなので、入力電流値ケーブル 142 によって電流値を指定する場合には、配線に接続する複数の部品のうち、電流が入力される部品がどれであるかを特定する必要がある。一般的には、電流の供給元はコネクタ部品であり、ピン数が多い部品であると推測される。従って、電流経路探索部 132 は、入力電流値テーブル 142 の配線名欄 142B に名前が記載された配線のそれぞれについて、当該配線に接続する複数の部品のうち、ピン数が最大の部品を探して電流の供給元と判断する。配線に接続する複数の部品におけるピン数は、データ取得部 131 がプリント基板設計データ 121（又は部品データテーブル 141）から抽出した部品情報及びピン情報を参照して取得することができる。

[0046] 図 10 は、電流経路の始点を決定する処理手順の一例を示すフローチャートである。図 10 を参照して、配線ごとの電流値が記載された入力電流値テーブル 142 を用いて電流経路の始点を決定する方法を説明する。

[0047] まず、図 10 のステップ S101 では、電流経路探索部 132 が、最大ピン数に「0」を設定して初期化する。「最大ピン数」は変数であって、設定された値を保存する。次に、電流経路探索部 132 は、入力電流値テーブル 142 に記載された配線を 1 つ選択し、部品データテーブル 141 から抽出した部品情報を参照して、当該配線に接続する部品を 1 つ取得する（ステップ S102）。そして、電流経路探索部 132 は、部品データテーブル 141 から抽出したピン情報を参照して、ステップ S102 で取得した部品のピン数を取得する（ステップ S103）。

[0048] 次に、電流経路探索部 132 は、「最大ピン数」の値がステップ S103 で取得したピン数よりも小さいか否かを判定する（ステップ S104）。「最大ピン数」の値がステップ S103 で取得したピン数よりも小さい場合には（ステップ S104 の YES）、電流経路探索部 132 は、「最大ピン数」の値に、ステップ S103 で取得したピン数を設定する（ステップ S105）。さらに、電流経路探索部 132 は、電流経路の始点に、ステップ S102 で取得した部品を設定する（ステップ S106）。「電流経路の始点」も

「最大ピン数」と同様の変数であって、設定された値を保存する。

[0049] ステップS 1 0 4で「最大ピン数」の値がステップS 1 0 3で取得したピン数以上であった場合（ステップS 1 0 4のN O）、又は、ステップS 1 0 6の処理の後には、ステップS 1 0 7の処理に進み、電流経路探索部1 3 2は、選択した配線における全ての部品についてステップS 1 0 2～S 1 0 4の処理が行われたか（処理済であるか）否かを判定する。処理が未処理の部品がある場合には（ステップS 1 0 7のN O）、電流経路探索部1 3 2は、当該配線における別の部品について、再びステップS 1 0 2以降の処理を行う。

[0050] ステップS 1 0 7で全ての部品について処理済である場合には（ステップS 1 0 7のY E S）処理を終了し、このとき、「電流経路の始点」に設定されている部品が、当該配線における電流経路の始点の部品となる。そして、電流経路探索部1 3 2は、上述のステップS 1 0 1～S 1 0 7の処理を、入力電流値テーブル1 4 2に記載された全ての配線について行うことにより、配線ごとに電流経路の始点となる部品を決定することができる。

[0051] ところで、入力電流値テーブルとして図6に示した入力電流値テーブル1 4 3を用いる場合には、入力電流値テーブル1 4 3にはピンごとに流れる電流値が記載されているので、電流経路探索部1 3 2は、図1 0に示したような処理を行う必要はなく、入力電流値テーブル1 4 3を参照して電流経路の始点を決定できる。

[0052] このように、電流経路探索部1 3 2は、入力電流値テーブル1 4 2又は入力電流値テーブル1 4 3に基づいて電流経路の始点となる始点部品を決定することができるが、この決定された始点部品を示す情報を保持するために、新たなテーブル（始点部品テーブル）を作成してもよい。始点部品テーブルは、例えば主記憶装置1 2に格納される。図1 1は、始点部品テーブルの一例を示すテーブル図である。始点部品テーブル1 4 7は、番号欄1 4 7 A、部品名欄1 4 7 B、配線名欄1 4 7 C、定常電流値欄1 4 7 D、及び異常電流値欄1 4 7 Eを有して構成され、配線に対する始点部品（又はピン）と入

力電流値とが纏めて記載されている。

[0053] 次に、プリント基板のモデルを用いて電源経路の始点を説明する。図 1 2 は、検証対象となるプリント基板を上面から見た概略図である。部品 3 0 1 , 3 0 3 , 3 0 4 , 3 0 6 , 3 0 7 , 3 0 9 は、基板 3 0 0 の上面に設けられた部品を示し、特に、部品 3 0 1 , 3 0 4 , 3 0 7 はコネクタ部品であって電源の供給元とする。配線 3 0 2 , 3 0 5 , 3 0 8 は、プリント基板 3 0 0 の上面に設けられた配線を示している。配線 3 0 2 は、部品 3 0 1 と部品 3 0 3 とを接続し、配線 3 0 5 は、部品 3 0 4 と部品 3 0 6 とを接続し、配線 3 0 8 は、部品 3 0 7 と部品 3 0 9 とを接続している。ここで、配線 3 0 2 , 3 0 5 , 3 0 8 は、図 5 に例示した配線名「P12V_IN」, 「P12V_STBY」, 「P5V」の配線に、順に対応しているとする。

[0054] 図 1 2 の各部品 3 0 1 , 3 0 3 , 3 0 4 , 3 0 6 , 3 0 7 , 3 0 9 における円又は突起は、ピンを示している。例えば、部品 3 0 1 のピン数は 1 2 であり、部品 3 0 3 のピン数は 4 である。上述したように、各配線 3 0 2 , 3 0 5 , 3 0 8 において、接続する部品のうち最もピン数の多い部品を電流経路の始点と判断するので、例えば、配線 3 0 2 については、接続する部品が部品 3 0 1 と部品 3 0 3 であり、各ピン数は 1 2 と 4 であるから、配線 3 0 2 では部品 3 0 1 を電流経路の始点と判断する。同様にして、配線 3 0 5 では部品 3 0 4 を電流経路の始点と判断し、配線 3 0 8 では部品 3 0 9 を電流経路の始点と判断する。

[0055] なお、最もピン数の多い部品とは、配線に接続するピンの数に限定せず、当該部品の全てのピン数を基準に判断している。例えば、配線 3 0 5 に接続する部品 3 0 6 は接続部分のピン数は 2 で、同じく配線 3 0 5 に接続する部品 3 0 4 における接続部分のピン数 1 よりも多いが、全てのピン数に基づいて、部品 3 0 4 を電流経路の始点と判断する。

[0056] また、部品 3 0 7 がコネクタ部品であることを勘案すれば、配線 3 0 8 における電流経路の実際の始点は部品 3 0 9 ではなく部品 3 0 7 とすべきところであるが、このような場合には、図 6 の入力電流値テーブル 1 4 3 のよう

に配線に対する電流供給元を明示する入力電流値テーブルを用いることによって、部品 307 を電流経路の始点とすればよい。

[0057] (1-4-2-2) 電流経路の始点から終点までの経路探索

図 13 は、電流経路の始点から終点までの経路を探索し決定する処理手順の一例を示すフローチャートである。図 14 は、図 13 に示す処理手順のうち、電流経路を探索する処理手順を詳細に示すフローチャートである。

[0058] 図 15 は、部品搭載後のプリント基板を上面から見た概要図である。図 15 に示すプリント基板の構成は、プリント基板 310 の製造前でも、プリント基板設計データ 121 を参照して把握することができる。図 15 では、部品を無地で示し、配線を網掛けで表示している。具体的には、プリント基板 310 には、部品 311, 313, 316, 318, 320, 322, 323, 324, 326, 327, 329, 331 が設けられ、配線 312, 314, 315, 317, 319, 321, 325, 328, 330, 332, 333 が設けられている。部品 311 は 12 ピンのコネクタ部品で、電流経路の始点の決定について上述した方法によって、電流経路の始点に決定されているとする。各部品のピンは、図 12 と同様に円や突起によって示され、例えば部品 313 は 4 ピン、部品 318 は 16 ピンである。そして、部品 316 や部品 320 のように長方形で示された部品は、2 ピン部品とする。なお、部品 322 は L S I であってピンの記載が省略されている。また、配線 314 は GND 配線とする。

[0059] 以下では、図 13 及び図 14 の処理を説明するが、説明を明瞭にするために図 15 を参照することがある。なお、ここでは部品 311 を始点部品として電流経路始点が 1 つである場合の処理を説明するが、入力電流値テーブル 142 又は入力電流値テーブル 143 に複数の部品又はピンが記載されている場合には、それぞれの部品（又はピン）に対して同様の処理を実施すればよい。

[0060] まず、図 13 のステップ S201 では、電流経路探索部 132 は、電流経路の始点となる部品（始点部品）を電流経路テーブルに登録する。図 16 は

、電流経路テーブルの一例を示すテーブル図である。電流経路テーブルは、例えば主記憶装置 12 に保持される。図 16 に示す電流経路テーブル 148 は、部品及び配線が交互に記載された部品／配線欄 148 A と、経路を構成する部品又は配線の名前が記載される経路情報欄 148 B とを有して構成される。図 16 の電流経路テーブル 148 では、経路情報欄 148 B で上方の行に記載された部品や配線ほど電流経路の上流であることを示す。図 16 の電流経路テーブル 148 は、図 13 及び図 14 に示す処理に従って、所定のタイミングで部品名又は配線名が登録される。例えばステップ S 201 では電流経路テーブル 148 に始点部品が登録されるので、経路情報欄 148 B の最初の行に始点部品の部品名が記載される。また、経路情報欄 148 B の次行には、始点部品を決定するときに対応付けられた配線の配線名が記載される。以下では、説明の簡略のために、経路情報欄 148 B に部品又は配線の名前を記載することを、電流経路テーブル 148 に部品又は配線を登録する、と表現する。

[0061] 次に、電流経路探索部 132 は、ステップ S 201 で始点部品とした部品と同じ配線に接続する別の部品を 1 つ取得する（ステップ S 202）。同じ配線に接続する部品は、例えば始点部品テーブル 147 を参照して取得することができる。そして電流経路探索部 132 は、ステップ S 202 で取得した部品が、始点部品であるか判定する（ステップ S 203）。始点部品であるか否かは、例えば当該部品が始点部品テーブル 147 に記載されているか否かによって判定できる。ステップ S 202 で取得した部品が始点部品である場合には（ステップ S 203 の YES）、後述するステップ S 208 の処理に進む。ステップ S 202 で取得した部品が始点部品ではない場合には（ステップ S 203 の NO）、電流経路探索部 132 は、電流経路テーブル 148 に当該部品を登録し、部品データテーブル 141 を参照して当該部品のピン数を取得する（ステップ S 204）。

[0062] 次に、電流経路探索部 132 は、ステップ S 202 で取得した部品が、電力消費量の大きい部品であるか否かを判定するために、ステップ S 204 で

取得したピン数が予め定められた基準数以上であるか否かを判定する（ステップS205）。電力消費量の大きい部品とは、例えばIC、LSI、又はメモリ等であって、当該部品では多くの電力が消費されるので、電流密度の超過を検証するための電流経路を探索する処理では、これ以上扱う必要がないと判断できる。基準数は、部品がICやLSIであるか否かを推定するための基準とするピン数であり、図13では例えば11本とする。一般に、ICは14ピン以上であることが多く、LSIは80ピン以上であることが多い。

[0063] なお、電力消費量の大きい部品を纏めたデータがある場合には、ステップS204～S205の処理に替えて、ステップS202で取得した部品が電力消費量の大きい部品を纏めたデータに登録されているかを判定する処理を行うようにしてもよい。

[0064] ステップS205でピン数が基準数以上であった場合には（ステップS205のYES）、当該部品は電力消費量の大きい部品であると推定されるので、電流経路探索部132は、電流経路の探索を行わずにステップS207の処理に進む。ステップS205でピン数が基準数未満であった場合には（ステップS205のNO）、電流経路探索部132は、ステップS202で取得した部品を含む電流経路を探索する（ステップS206）。ステップS206の詳細な処理は、図14に示す。ステップS206で電流経路の探索が終了すると、ステップS207に移行する。

[0065] ステップS207では、電流経路探索部132は、始点部品と同じ配線に接続する全ての部品についてステップS202～S206の処理が完了したか確認する。始点部品と同じ配線に接続する部品で、ステップS202～S206の処理が完了していない部品がある場合には（ステップS207のNO）、電流経路探索部132は、ステップS202に戻り、未処理の部品を1つ取得して処理を繰り返す。始点部品と同じ配線に接続する部品の処理が全て終わると（ステップS207のYES）、処理を終了する。

[0066] 次に、図13のステップS206における電流経路の探索について、図1

4を参照して説明する。まず、電流経路探索部132は、図13のステップS202で取得した部品、すなわち、始点部品と同じ配線に接続する部品の1つに対して、当該部品に接続する配線を1つ取得する（ステップS301）。なお、ステップS301で取得される配線の候補には、図13のステップS202で参照された配線は含まない。

[0067] 次に、電流経路探索部132は、ステップS301で取得した配線がGND配線か否かを判定する（ステップS302）。配線がGND配線であるか否かは、配線はGND配線の配線名が記載されているGND配線名テーブル144を参照することで判断できる。当該配線がGND配線である場合には（ステップS302のYES）、後述するステップ311の処理に進む。ステップS301で取得した配線がGND配線ではない場合には（ステップS302のNO）、電流経路探索部132は、当該配線が電流経路テーブル148の上流に登録済でないか判定する（ステップS303）。当該配線が電流経路テーブル148の上流に登録済とは、例えば電流経路テーブル148において、直近に情報が登録された行よりも上側の行に、当該配線が既に登録されている状況に相当する。当該配線が電流経路テーブル148の上流に登録済である場合には（ステップS303のYES）、後述するステップ311の処理に進む。当該配線が電流経路テーブル148の上流に登録済でない場合には（ステップS303のNO）、電流経路探索部132は、ステップS301で取得した配線を、図13のステップS202で取得した部品の下流配線として電流経路テーブル148に登録する（ステップS304）。

[0068] 次に、電流経路探索部132は、ステップS304で登録した配線に接続する部品のうち、これまで取得されていない部品を1つ取得し（ステップS305）、電流経路テーブル148に登録し（ステップS306）、部品データテーブル141を参照して当該部品のピン数を取得する（ステップS307）。そして、電流経路探索部132は、ステップS305で取得した部品が電力消費量の大きい部品であるか否かを判定するために、ステップS3

07で取得したピン数が基準数以上であるか否かを判定する（ステップS308）。ステップS308の処理は、図13のステップS205の処理と同様であり、詳細な説明を省略する。ステップS308における基準数も「1」とする。

[0069] ステップS308でピン数が基準数以上であった場合には（ステップS308のYES）、電流経路探索部132は、ステップS305で取得した部品以降については電流経路の探索を行わずにステップS310の処理に進む。ステップS308でピン数が基準数未満であった場合には（ステップS308のNO）、電流経路探索部132は、再帰的に図14に示す電流経路の探索を行い（ステップS309）、電流経路の探索が終了すると、ステップS310に移行する。

[0070] ステップS310では、電流経路探索部132は、ステップS304で電流経路テーブル148に登録した配線に接続する全ての部品についてS305～S309の処理が完了したか確認し、完了していない部品がある場合には（ステップS310のNO）、ステップS305に戻り、未処理の部品を1つ取得して処理を繰り返す。ステップS304で電流経路テーブル148に登録した配線に接続する全ての部品について処理が終わると（ステップS310のYES）、ステップS311に移行する。

[0071] ステップS311では、電流経路探索部132は、図13のステップS202又は図14のステップS305で取得した部品に接続する全ての配線についてステップS301～S310の処理が完了したか確認し、完了していない配線がある場合には（ステップS311のNO）、ステップS301に戻り、未処理の配線を1つ取得して処理を繰り返す。図13のステップS202又は図14のステップS305で取得した部品に接続する全ての配線について処理が終わると（ステップS311のYES）、電流経路探索部132は、図13のステップS202で取得した部品を含む電流経路の探索（図13のステップS206の処理に相当）が終了したとして、図13のステップS207の処理に進む。

- [0072] なお、図 1 4 のステップ S 3 0 1 において部品に接続する配線が 1 つも存在しない場合、また、ステップ S 3 0 5 において配線に接続する部品が 1 つも存在しない場合には、電流経路探索部 1 3 2 は、図 1 4 に示す処理を終了して図 1 3 のステップ S 2 0 7 の処理に移行する。
- [0073] 電流経路探索部 1 3 2 は、上述の図 1 3 のステップ S 2 0 1 ~ S 2 0 7 及び図 1 4 のステップ S 3 0 1 ~ S 3 1 1 の処理を実行することにより、電源経路テーブル 1 4 8 を作成する。
- [0074] ここで、図 1 3 及び図 1 4 に示した処理を図 1 5 に適用した場合の具体的な処理を説明する。まず、図 1 3 のステップ S 2 0 1 では、配線 3 1 2 を選択し、配線 3 1 2 に対する始点部品が部品 3 1 1 であることから、電流経路テーブル 1 4 8 の 1 行目について、部品／配線欄 1 4 8 A に「部品」が記載され、経路情報欄 1 4 8 B に部品「3 1 1」が記載される。そして、ステップ S 2 0 2 では、部品 3 1 1 と同じ配線 3 1 2 に接続する別の部品として、部品 3 1 3 が取得される。部品 3 1 3 は、始点部品でなく、ピン数は 4 で基準数の 1 1 未満であるので、ステップ S 2 0 3 ~ S 2 0 5 の処理を経由してステップ S 2 0 6 の処理が行われる。
- [0075] 図 1 4 を参照して、部品 3 1 3 に対するステップ S 2 0 6 の処理を続けると、まず、ステップ S 3 0 1 では、部品 3 1 3 と同じ配線の候補として配線 3 1 4, 3 1 5 が存在する。ここで、配線 3 1 4 が取得されると、配線 3 1 4 は GND 配線であるからステップ S 3 0 2 で YES となり、ステップ S 3 1 1 を経由して再び S 3 0 1 に戻る。次に配線 3 1 5 が取得されると、配線 3 1 5 は GND 配線でもなく上流に登録済でもないので、ステップ S 3 0 4 で電流経路テーブル 1 4 8 に登録される。
- [0076] ステップ S 3 0 5 では、配線 3 1 5 に接続する部品の候補は 1 つしかないなので、部品 3 1 6 が取得されて電流経路テーブル 1 4 8 に登録される。部品 3 1 6 は 2 ピンでありステップ S 3 0 8 で基準数未満となるので、ステップ S 3 0 9 で電流経路探索が行われる。そして、ステップ S 3 0 1 で部品 3 1 6 に接続する配線の候補として配線 3 1 4, 3 1 7 が存在する。しかし、配

線 3 1 4 は前述したように G N D 配線という理由から電流経路の候補から除外され、配線 3 1 7 が取得される。そして、ステップ S 3 0 4 で配線 3 1 7 が電流経路テーブル 1 4 8 に登録される。

[0077] 次に、ステップ S 3 0 5 では、配線 3 1 7 に接続する部品の候補として、部品 3 1 8, 3 2 0, 3 2 3 が存在する。部品 3 1 8 が取得された場合には、部品 3 1 8 はピン数が基準数の 1 1 本以上なので、電流経路テーブル 1 4 8 に登録されるだけで、部品 3 1 8 より先の経路探索は行われない。部品 3 2 0 が取得された場合には、部品 3 2 0 が登録され、さらに処理が続くが、最終的には、電流経路テーブル 1 4 8 に部品 3 2 2 が登録された以降は、部品 3 2 2 が L S I で電力消費量の大きい部品と判定されるために後続の経路探索は行われない。また、部品 3 2 0 からは別の経路として、配線 3 2 1、部品 3 2 4、配線 3 2 5 の順に経路が探索されるが、配線 3 2 5 は、部品 3 2 3 からの経路で上流に登録済になってしまうので電流経路テーブル 1 4 8 には登録されず、以降の経路探索は行われない。

[0078] ステップ S 3 0 5 で、配線 3 1 7 に接続する部品の候補として部品 3 2 3 が取得された場合には、詳細は省略するが、図 1 6 に示すように順に経路が探索される。ここで、電流経路テーブル 1 4 8 に部品 3 3 1 が登録された後の処理を説明する。部品 3 3 1 が登録された後は、ステップ S 3 0 9 において部品 3 3 1 より先の電流経路探索が行われる。そしてステップ S 3 0 1 では、配線の候補として、配線 3 3 3, 3 3 2 が存在する。ステップ S 3 0 1 で配線 3 3 3 が取得された場合には、経路として部品 3 2 2 が探索されるが、前述したように部品 3 2 2 は L S I なので、以降の経路探索は行われない。ステップ S 3 0 1 で配線 3 3 2 が取得された場合には、配線 3 3 2 は G N D 配線でも上流に登録済の配線でもないので、ステップ S 3 0 4 で電流経路テーブル 1 4 8 に登録される。その後、ステップ S 3 0 5 で、配線 3 3 2 に接続する部品は下流側に 1 つもないので、電流経路探索部 1 3 2 は、図 1 4 の処理（図 1 3 のステップ S 2 0 6）を終了し、図 1 3 のステップ S 2 0 7 に進む。そして、ステップ S 2 0 7 で、始発部品とした部品 3 1 1 と同じ配

線 3 1 2 に接続する全ての部品についてステップ S 2 0 2 ~ S 2 0 6 の処理が完了しているので、全ての処理が終了する。なお、部品 3 1 1 には配線 3 1 4 も接続されているが、前述したように G N D 配線なので以降の経路探索は行われない。このようにして、図 1 6 に示す電流経路テーブル 1 4 8 が作成される。

[0079] 図 1 7 は、図 1 6 の電流経路テーブルが示す電流経路を木構造で表した概念図である。電流経路探索部 1 3 2 が電流経路テーブル 1 4 8 を作成することによって、図 1 7 に示すように、部品 3 1 1 を始点部品として上流から下流に向かう電流経路が探索される。

[0080] (1 - 4 - 3) 電流値の決定

電流値決定部 1 3 3 は、データ取得部 1 3 1 によって取得されたデータと、電流経路探索部 1 3 2 によって作成された電流経路テーブル 1 4 8 とに基づいて、電流経路テーブル 1 4 8 に示される電流経路の配線部分を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定する。

[0081] 図 1 8 は、電流経路に流れる電流値を決定する処理手順の一例を示すフローチャートである。図 1 8 では、入力情報として、始点部品と当該始点部品に入力される入力電流値とが与えられる。始点部品は図 1 6 の電流経路テーブル 1 4 8 を参照して取得され、始点部品の入力電流値は、図 5 の入力電流値テーブル 1 4 2、図 6 の入力電流値テーブル 1 4 3、又は図 1 1 の始点部品テーブル 1 4 7 の少なくとも何れかを参照して取得される。なお、始点部品が複数存在する場合は、始点部品の数の分だけ図 1 8 に示す処理を実行すればよい。また、電流経路テーブル 1 4 8 の途中を開始点として電流値を決定したい場合には、開始点とする部品を始点部品とし、当該始点部品に対応する入力電流値が入力される。このとき、始点部品に対応する入力電流値には、当該部品の部品電流値 1 2 4、又は当該部品の下流に接続される配線の配線電流値 1 2 5 が採用される。

[0082] 図 1 8 のステップ S 4 0 1 では、電流値決定部 1 3 3 は、最初に与えられる入力電流値を継承電流値に設定する。継承電流値は、指定部品（初回の処

理では始点部品、それ以外の処理では、後述するステップS 4 1 3で選択される部品に相当)の下流に流れる電流値(下流電流値)を決定するために用いる変数である。

[0083] 次に、電流値決定部1 3 3は、指定部品の下流に接続される配線を取得し、取得した配線に配線電流値1 2 5が定義されているか確認する(ステップS 4 0 2)。例えば、初回の処理では始点部品が指定されているので、電流値決定部1 3 3は、始点部品に接続する下流の配線について、配線電流値1 2 5が定義されているか確認する。指定部品の下流に接続される配線は、電流経路テーブル1 4 8を参照して取得することができ、配線に配線電流値1 2 5が定義されているか否かは、図9に示した配線電流値テーブル1 4 6を参照することによって判断できる。従って、配線電流値1 2 5は、実際には配線電流値テーブル1 4 6の定常電流値欄1 4 6 C又は以上電流値欄1 4 6 Dに記載された電流値に相当するが、以下の説明では、簡略のために配線電流値1 2 5と記載する。また、後述する部品電流値1 2 4についても同様であり、実際には部品電流値テーブル1 4 5の定常電流値欄1 4 5 C又は異常電流値欄1 4 5 Dに記載された電流値に相当する。

[0084] ステップS 4 0 2で下流の配線に配線電流値1 2 5が定義されている場合には(ステップS 4 0 2のYES)、電流値決定部1 3 3は、配線電流値1 2 5を下流電流値と判定し、電流経路探索部1 3 2が作成した電流経路テーブル1 4 8に下流電流値を登録する(ステップS 4 0 3)。このとき、電流経路テーブル1 4 8で下流の配線が記載された欄に、下流電流値と判定された配線電流値1 2 5が追加記載される。電流値が追加記載された電流経路テーブルについては、図1 9及び図2 1を参照して後述する。その後、電流値決定部1 3 3は、ステップS 4 0 3で登録した配線電流値1 2 5を継承電流値に設定し(ステップS 4 0 4)、後述するステップS 4 1 2の処理に進む。

[0085] ステップS 4 0 2で下流の配線に配線電流値1 2 5が定義されていない場合には(ステップS 4 0 2のNO)、電流値決定部1 3 3は、指定部品に部

品電流値 1 2 4 が定義されているか確認する（ステップ S 4 0 5）。指定部品に部品電流値 1 2 4 が定義されているか否かは、図 8 に示した部品電流値テーブル 1 4 5 を参照することによって判断できる。

[0086] 指定部品に部品電流値 1 2 4 が定義されている場合には（ステップ S 4 0 5 の Y E S）、電流値決定部 1 3 3 は、部品電流値 1 2 4 を下流電流値と判定し、電流経路テーブル 1 4 8 に下流電流値を登録する（ステップ S 4 0 6）その後、電流値決定部 1 3 3 は、ステップ S 4 0 6 で登録した部品電流値 1 2 4 を継承電流値に設定し（ステップ S 4 0 7）、指定部品に対する上流適用の有無を確認する（ステップ S 4 0 8）。上流適用の有無は、部品電流値テーブル 1 4 5 の上流適用欄 1 4 5 E を参照することによって判断できる。上流適用がない場合には（ステップ S 4 0 8 の N O）、ステップ S 4 1 2 に移行する。

[0087] ステップ S 4 0 8 で上流適用がある場合には（ステップ S 4 0 8 の Y E S）、電流値決定部 1 3 3 は、部品電流値 1 2 4 を上流電流値と判定し、電流経路テーブル 1 4 8 に上流電流値を登録する（ステップ S 4 0 9）。上流電流値は、指定部品の上流側に流れる電流値であり、上流適用有りの場合には下流電流値と同値になる。その後、電流値決定部 1 3 3 は、ステップ S 4 1 2 の処理を行う。

[0088] 一方、ステップ S 4 0 5 で指定部品に部品電流値 1 2 4 が定義されていない場合には（ステップ S 4 0 5 の N O）、電流値決定部 1 3 3 は、指定部品が 2 ピン部品であるか判定する（ステップ S 4 1 0）。指定部品のピン数は、例えば部品データテーブル 1 4 1 から抽出したピン情報を参照することによって取得できる。ここで、2 ピン部品は、上流と同じ電流が下流に流れる部品と判断する。コンデンサ等の部品では上流電流値と下流電流値とが異なる場合もあるが、このような場合には、当該部品の部品電流値を予め 0 と定義すればよい。

[0089] ステップ S 4 1 0 で指定部品が 2 ピン部品でない場合には（ステップ S 4 1 0 の N O）、下流電流値を判定する手段がなく、当該指定部品の下流に続

く電流経路をこれ以上特定できないので、電流値決定部 133 は、電流値を決定する処理を終了する。指定部品が 2 ピン部品である場合には（ステップ S410 の YES）、指定部品は下流の配線電流値 125 も部品電流値 124 もないが、2 ピン部品であることから下流電流が上流電流と同じと判断できるので、電流値決定部 133 は、下流電流値は継承電流値と判断し、電流経路テーブル 148 に下流電流値を登録する（ステップ S411）。その後、ステップ S412 に移行する。

[0090] ステップ S412 では、電流値決定部 133 は、指定部品の下流側に部品があるか判定する。下流側の部品の有無は、電流経路テーブル 148 を参照し、指定部品から下流側に繋がる経路に別の部品が記載されているか否かによって判定できる。指定部品の下流に部品がない場合には（ステップ S412 の NO）、現在の指定部品が電流経路の最下流の部品であると判断して処理を終了する。指定部品の下流に部品がある場合には（ステップ S412 の YES）、電流値決定部 133 は、下流の部品を指定部品として選択し（ステップ S413）、ステップ S402 の処理に戻る。

[0091] 上述のステップ S401～S413 の処理を行うことにより、電流値決定部 133 は、電流経路テーブル 148 に示された電流経路に対して、当該電流経路の配線を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定し、決定した電流値を電流経路テーブル 148 に追加する。なお、電流値決定部 133 は、最初に入力される入力電流値が定常電流値による入力電流値であった場合には、銅箔ベタに流れる定常電流の電流値を決定し、異常電流値による入力電流値が入力された場合には、銅箔ベタに流れる異常電流の電流値を決定する。

[0092] 図 19 は、定常電流の電流値が追加された電流経路テーブルの一例を示すテーブル図である。図 19 の電流経路テーブル 149 は、定常電流の入力電流値を入力された場合に、電流値決定部 133 が図 18 のフローチャートに従った処理を行って決定する定常電流の電流値を、図 16 に示した電流経路テーブル 148 に追記したものである。図 19 に示すように、決定された定常電流の電流値は、部品／配線欄 149A に「配線」が記載された行の経路

情報欄 149B に記載される。なお、図 19 の経路情報欄 149B の「333」は「電流値なし」となっている。この配線 333 は、電流経路としては記載されるが、電流値がないので、後述する電流密度の算出の対象外となる配線である。図 20 は、図 19 の電流経路テーブルが示す電流経路を木構造で表した概念図である。図 20 は、図 19 の電流経路テーブル 149 によって示される電流経路及び電流値を見やすく表している。

[0093] 図 21 は、異常電流の電流値が追加された電流経路テーブルの一例を示すテーブル図である。図 21 の電流経路テーブル 150 は、異常電流の入力電流値を入力された場合に、電流値決定部 133 が図 18 のフローチャートに従った処理を行って決定する異常電流の電流値を、図 16 に示した電流経路テーブル 148 に追記したものである。また、図 22 は、図 21 の電流経路テーブルが示す電流経路を木構造で表した概念図である。

[0094] (1-4-4) 銅箔ベタ電流経路の決定

電流経路決定部 134 は、電流経路探索部 132 によって作成された電流経路テーブルを用いて、配線を形成する各銅箔ベタにおける電流経路（銅箔ベタ電流経路）を決定する。電流経路決定部 134 は、銅箔ベタ内で電流が流れる始点から終点までの距離を出来るだけ短く結ぶように銅箔ベタ電流経路を決定する。しかし、図 15 に例示した配線 312, 314, 315, 317, 319, 321, 325, 328, 330, 332, 333 のように、配線部分になる銅箔ベタは様々な形状をしているので、銅箔ベタ電流経路の決定方法は、始点及び終点の位置や銅箔ベタの形状によって異なる。

[0095] 以下では、様々な銅箔ベタの形状を例示し、それぞれの銅箔ベタ内で、電流経路決定部 134 が、始点と終点とを結ぶ銅箔ベタ電流経路をどのように決定するかを説明する。銅箔ベタの形状は、データ取得部 131 によってデータ格納部 120 から取得されたデータに基づいて決定できる。また、図 23～図 34 では、同じ要素には同じ番号を付し、説明を省略する。

[0096] (1-4-4-1) 始点と終点とを結ぶ線分が銅箔ベタの内部を通る場合

図 23 は、銅箔ベタの一例を示す説明図である。図 23 に示す銅箔ベタ 4

01の内部には、上流側の部品を搭載するピン402と、下流側の部品を搭載するピン403とが設けられている。始点401Aはピン402の中心座標であり、銅箔ベタ401における電流経路の始点を示す。終点401Bはピン403の中心座標であり、銅箔ベタ401における電流経路の終点を示す。線分404は、始点401Aと終点401Bとを結んだ線分である。

[0097] 図23に示す銅箔ベタ401は、上流側の部品を搭載する1個のピン402と下流側の部品を搭載する1個のピン403とが設けられ、電流経路の始点401Aと終点401Bとを直線で結んだ線分404が銅箔ベタ401の周縁に交差しない、という特徴を有している。なお、以下で「交差」という状態は、重なっている状態を含まないとする。従って、例えば線分404が銅箔ベタ401の周縁に重なったとしても、銅箔ベタ401の周縁に交差したとはいわない。このような特徴を有する銅箔ベタ401では、電流経路決定部134は、線分404を銅箔ベタ401内の電流経路とする。

[0098] (1-4-4-2) 始点と終点とを結ぶ線分が銅箔ベタの外側を通る場合（その1）

図24は、銅箔ベタの一例を示す説明図である。図24に示す銅箔ベタ411の内部には、上流側の部品を搭載するピン412と、下流側の部品を搭載するピン413とが設けられている。始点411Aはピン412の中心座標であり、銅箔ベタ411における電流経路の始点を示す。終点411Bはピン413の中心座標であり、銅箔ベタ411における電流経路の終点を示す。破線で示した線分414は、図23の線分404と同様に始点411Aと終点411Bとを結んだ線分であるが、銅箔ベタ411の周縁に交差している。

[0099] 図24に示す銅箔ベタ411は、上流側の部品を搭載する1個のピン412と下流側の部品を搭載する1個のピン413とが設けられ、始点411Aと終点411Bとを直線で結んだ線分414が銅箔ベタ411の周縁に交差するという特徴を有している。このような特徴を有する銅箔ベタ411では、線分414を電流経路とすることはできないので、電流経路決定部134

は、始点と終点との最短経路を探索する。

[0100] 図 25 は、図 24 に示す銅箔ベタにおける電流経路の決定方法を説明するための説明図である。図 25 を参照しながら、銅箔ベタ 411 における電流経路の決定方法を説明する。

[0101] まず、電流経路決定部 134 は、銅箔ベタ 411 の周縁部分で内角の大きさが 180 度を超える頂点を経由点の候補として経路を探索する。図 25 では、内角の大きさが 180 度を超える頂点は、頂点 415、416 の 2箇所である。次に、電流経路決定部 134 は、始点 411A から、それぞれの頂点 415、416 に直線を引き、その線分（線分 417、418 に相当）が銅箔ベタ 411 の周縁に交差しない頂点だけを経由点の候補とする。図 25 では、線分 417、418 の何れも銅箔ベタ 411 の周縁に交差しないので、頂点 415、416 の両方が経由点の候補に選ばれる。

[0102] 次に、経由点の候補となった頂点 415、416 からそれぞれ終点 411B に直線を引き、その線分（線分 419、420 に相当）が銅箔ベタ 411 の周縁に交差しない頂点だけを経由点とする。図 25 では、線分 419、420 の何れも銅箔ベタ 411 の周縁に交差しないので、頂点 415、416 の両方が経由点に選ばれる。この結果、頂点 415 を経由する経路（線分 417～線分 419）と、頂点 416 を経由する経路（線分 418～線分 420）とが、始点 411A と終点 411B とを結ぶ電流経路の候補となる。

[0103] 最後に、電流経路決定部 134 は、電流経路の候補となった経路のうち、最短の経路を選択して銅箔ベタ 411 の電流経路とする。図 25 では、頂点 416 を経由する経路は頂点 415 を経由する経路よりも遠回りであるから、電流経路決定部 134 は、始点 411A から頂点 415 を経由して終点 411B を結ぶ経路を、銅箔ベタ 411 内の電流経路とする。

[0104] なお、図 25 では、始点 411A から終点 411B までの間の経由点が 1 つである場合について説明したが、経由点から終点に結んだ線分が銅箔ベタ 411 の周縁に交差してしまう場合には、電流経路決定部 134 は、段階的に経由点の候補探索及び経由点の決定を行うことによって、複数の経由点を

経由する銅箔ベタ電流経路を決定すればよい。

[0105] (1-4-4-3) 銅箔ベタの頂点における内角の大きさの判定

図26は、銅箔ベタの一例を示す説明図である。図26の銅箔ベタ411では、ピン412及びピン413の表示が省略されている。図26を参照して、内角の大きさが180度を超える銅箔ベタの頂点を探す方法を説明する。

[0106] 電流経路決定部134は、内角の大きさが180度を超える銅箔ベタ411の頂点を探すために、以下に説明する方法を銅箔ベタ411の各頂点に対して用いることによって各頂点における内角の大きさが180度を超えるか否かを判定する。例えば、頂点415について、内角の大きさが180度を超える頂点であるか否かを判定する方法を説明する。

[0107] まず電流経路決定部134は、頂点415を始点とする単位ベクトル421、422を生成する。単位ベクトル421、422の長さは、プリント基板設計データ121で扱われる各種のデータを示す数値に比べて十分に小さい値とする。例えばプリント基板設計データ121で扱われるデータの最小単位が1マイクロメートルの場合には、単位ベクトル421、422の長さは0.1マイクロメートルとする。

[0108] 次に、電流経路決定部134は、単位ベクトル421に単位ベクトル422を加算したベクトルで始点を頂点415とするベクトル423を算出する。次いで、電流経路決定部134は、ベクトル423上の始点以外の点を選択し、選択した点を始点として座標系平行方向に線分424を引く。例えばXY座標系であれば、線分424はX軸又はY軸に平行な線分である。

[0109] そして、電流経路決定部134は、線分424と銅箔ベタ411の周縁との交点の数を算出する。電流経路決定部134は、交点の数が偶数の場合には、頂点415における内角の大きさが180を超えるかと判定し、交点の数が奇数の場合には、頂点415における内角の大きさが180度以下であると判定する。図26に示すように、線分424は、銅箔ベタ411の周縁に、点425、426の2箇所で交わるので、交点の個数は偶数であり、頂点

4 1 5における内角の大きさは180度を超えると判定できる。

[0110] 一方、頂点4 2 7に対して同様の判定を行った場合を考えると、単位ベクトルを合成して始点を頂点4 2 7とするベクトル4 2 8が算出され、ベクトル4 2 8上の頂点4 2 7以外の点から座標系平行方向に線分4 2 9が引かれる。図2 6に示すように、線分4 2 9は銅箔ベタ4 1 1の周縁と点4 3 0の1か所でだけ交わるので、交点の個数は奇数となり、電流経路決定部1 3 4は、頂点4 2 7における内角の大きさを180度以下と判定する。

[0111] (1-4-4-4) 始点と終点とを結ぶ線分が銅箔ベタの外側を通る場合(その2)

図2 7は、銅箔ベタの一例を示す説明図である。図2 7に示す銅箔ベタ4 3 1の内部には、上流側の部品を搭載するピン4 3 2と、下流側の部品を搭載するピン4 3 3とが設けられている。始点4 3 1 Aはピン4 3 2の中心座標であり、銅箔ベタ4 3 1における電流経路の始点を示す。終点4 3 1 Bはピン4 3 3の中心座標であり、銅箔ベタ4 3 1における電流経路の終点を示す。銅箔ベタ4 3 1は、中央付近で円4 3 4が削られた形状となっており、始点4 3 1 Aと終点4 3 1 Bとを直線で結んだ線分は、円4 3 4を交差して銅箔ベタ4 3 1の外部を通過してしまう。

[0112] 図2 7に示す銅箔ベタ4 3 1は、上流側の部品を搭載する1個のピン4 3 2と下流側の部品を搭載する1個のピン4 3 3とが設けられ、電流経路の始点4 3 1 Aと終点4 3 1 Bとを直線で結んだ線分が銅箔ベタ4 3 1を切り欠いた円形部分(円4 3 4)を通過することで銅箔ベタ4 3 1の周縁に交差する、という特徴を有している

[0113] このような場合に、電流経路決定部1 3 4は、始点4 3 1 Aから円4 3 4への接線を引き、円4 3 4の円周上の接点4 3 5を経由点とする。線分4 3 6は、始点4 2 1 Aから円4 3 4への接線であって、始点4 3 1 Aと接点4 3 5とを結んだ線分である。次に、電流経路決定部1 3 4は、終点4 3 1 Bからも円4 3 4に対して同様に接線を引き、円4 3 4の円周上の接点4 3 7を経由点とする。線分4 3 8は、終点4 2 1 Bから円4 3 4への接線であっ

て、終点４２１Ｂと接点４３７とを結んだ線分である。そして、電流経路決定部１３４は、経由点である接点４３５と接点４３７との間を円弧４３９で結び、線分４３６、円弧４３９、そして線分４３８を通る経路を銅箔ベタ電流経路に決定する。

[0114] (１－４－４－５) 銅箔ベタに複数のピンが存在する場合

図２８は、銅箔ベタの一例を示す説明図である。図２８に示す銅箔ベタ４４１の内部には、上流側の部品を搭載するピン４４２、４４３と、下流側の部品を搭載するピン４４４、４４５とが設けられている。始点４４１Ａは銅箔ベタ４４１における電流経路の始点を示し、終点４４１Ｂは銅箔ベタ４４１における電流経路の終点を示す。

[0115] 図２８に示す銅箔ベタ４４１は、上流側の部品を搭載する複数のピン４４２、４４３と下流側の部品を搭載する複数のピン４４４、４４５とが設けられている、という特徴を有している。このような特徴を有する銅箔ベタ４４１では、電流経路決定部１３４は、上流側の部品を搭載するピン４４２、４４３の中心座標の平均値を算出し、算出した平均値が示す座標点を始点４４１Ａとする。また、電流経路決定部１３４は、下流側の部品を搭載するピン４４４、４４５の中心座標の平均値を算出し、算出した平均値が示す座標点を終点４４１Ｂとする。

[0116] 図２８に示す銅箔ベタ４４１では、始点４４１Ａと終点４４１Ｂとを結んだ線分４４６は、銅箔ベタ４４１の周縁に交差しないので、電流経路決定部１３４は、線分４４６を電流経路に決定する。また、線分４４６が銅箔ベタ４４１の周縁に交差する場合には、電流経路決定部１３４は、上述してきた方法に従って銅箔ベタ電流経路を決定する。

[0117] (１－４－４－６) 銅箔ベタの異なる層に上流用のピンと下流用のピンとが存在する場合

図２９は、プリント基板の一例を示す断面図である。図２９に示すプリント基板は、絶縁層４５１の上面に銅箔ベタ４５４、４５９が設けられ、銅箔ベタ４５６には電流経路の始点となる部品のピン４５２が接続され、銅箔ベ

タ 4 5 9 には電流経路の始点となる部品のピン 4 5 3 が設けられている。また、絶縁層 4 5 1 の下面には銅箔ベタ 4 5 6 が設けられ、銅箔ベタ 4 5 4 と銅箔ベタ 4 5 6 とを接続するヴィア 4 5 5 が絶縁層 4 5 1 を貫通して形成されている。さらに、図 2 9 に示すプリント基板には、銅箔ベタ 4 5 9 と銅箔ベタ 4 5 6 とを接続する 2 つのヴィア 4 5 7, 4 5 8 が絶縁層 4 5 1 を貫通して形成されている。以下では、図 2 9 に示すプリント基板について、銅箔ベタ 4 5 4 における電流経路及び銅箔ベタ 4 5 6 における電流経路を決定する方法を説明する。

[0118] 図 3 0 は、図 2 9 に示すプリント基板の一部を上面から見た概念図である。図 3 0 に示す銅箔ベタ 4 5 4 の内部には、上流側の部品を搭載するピン 4 5 2 と、ヴィア 4 5 5 が設けられている。始点 4 5 4 A は、ピン 4 5 2 の中心座標であり、銅箔ベタ 4 5 4 における電流経路の始点を示す。終点 4 5 4 B は、ヴィア 4 5 5 の中心座標であり、銅箔ベタ 4 5 4 における電流経路の終点を示す。

[0119] 図 3 0 に示す銅箔ベタ 4 5 4 は、上流側の部品を搭載する 1 個のピン 4 5 2 が設けられ、下流側の部品を搭載するピンが設けられていない、という特徴を有している。このような特徴を有する銅箔ベタ 4 5 4 では、電流経路決定部 1 3 4 は、ヴィア 4 5 5 を下流側の部品を搭載するピンとみなし、ピン 4 5 5 の中心座標を終点として銅箔ベタ電流経路を決定する。なお、ヴィアが 2 個以上ある場合は上流側の部品を搭載するピンの中心座標から見て経路長が一番長くなるヴィアを電流経路の終点とみなす。また、下流側の部品を搭載するピンが存在し、上流側の部品を搭載するピンが存在しない銅箔ベタの場合には、電流経路決定部 1 3 4 は、銅箔ベタ 4 5 4 の場合と同様に、ヴィアを上流側の部品を搭載するピンとみなして始点の座標を算出すればよい。

[0120] 電流経路決定部 1 3 4 は、銅箔ベタ電流経路の始点と終点とを決定した後は、銅箔ベタの形状に応じて上述した様々な方法を用いて銅箔ベタ電流経路を決定する。また、銅箔ベタに、上流の部品を搭載するピン又は下流の部品

を搭載するピンの何れか一方は存在するが、ヴィアが存在しない場合には、電流経路決定部 134 は、電流の流れ道がないと判断し、銅箔ベタ電流経路を算出せず、電流密度も算出されない。

[0121] 図 31 は、図 29 に示すプリント基板を下面から見た概念図である。図 31 に示す銅箔ベタ 456 の内部には、ヴィア 455、457、458 が設けられている。始点 456A は、ヴィア 455 の中心座標であり、銅箔ベタ 456 における電流経路の始点を示す。終点 456B は、ヴィア 458 の中心座標であり、銅箔ベタ 456 における電流経路の終点を示す。

[0122] 図 31 に示す銅箔ベタ 456 は、上流側の部品を搭載するピン及び下流側の部品を搭載するピンが存在せず、かつ、複数のヴィアが存在する、という特徴を有している。このような特徴を有する銅箔ベタ 456 では、電流経路決定部 134 は、任意の 2 個のヴィアを銅箔ベタ電流経路の始点又は終点とする全ての組合せを試し、最も経路長が長くなるヴィアの組合せを選択し、選択されたヴィアを始点又は終点として結ぶ経路を銅箔ベタ 456 における電流経路に決定する。図 31 では、ヴィア 455 とヴィア 458 との組み合わせによる経路長が最も長いので、電流経路決定部 134 は、始点 456A と終点 456B とを結ぶ線分 461 を銅箔ベタ 456 における電流経路に決定する。

[0123] なお、銅箔ベタにおいて上流側の部品を搭載するピン及び下流側の部品を搭載するピンが存在せず、ヴィアの数 が 1 個以下の場合には、電流経路決定部 134 は、電流の流れ道がないと判断し、銅箔ベタ電流経路を算出せず、電流密度も算出されない。

[0124] 図 23～図 31 を参照して上述してきたように、電流経路決定部 134 は、銅箔ベタの形状と、銅箔ベタに電流が供給される始点及び終点の位置とに応じた処理を行うことにより、プリント基板の電流経路の配線を形成する各銅箔ベタにおける銅箔ベタ電流経路を、様々な銅箔ベタの形状に対応して決定することができる。

[0125] (1-4-5) 電流密度の算出及び判定

電流密度算出部 135 は、電流値決定部 133 によって電流値が追加された電流経路テーブル 149（又は 150）と、電流経路決定部 134 によって決定された銅箔ベタ電流経路とに基づいて、プリント基板の電流経路の配線を形成する各銅箔ベタにおける電流密度を算出することにより、プリント基板の電流経路の配線部分における電流密度を算出する。

[0126] （1-4-5-1）電流経路幅の算出（その 1）

まず、電流密度算出部 135 は、電流密度を算出するために必要な電流経路幅の最小値を算出する。電流経路幅は、銅箔ベタ電流経路に対する銅箔面の幅であり、銅箔ベタ電流経路に対して垂直方向の銅箔長に相当する。図 32 は、電流経路幅の最小値を算出する方法を説明するための説明図である。図 32 に示す銅箔ベタ 411 は、図 25 で示した銅箔ベタであり、重複する箇所については説明を省略する。銅箔ベタ 411 では、電流経路決定部 134 によって、始点 411A から経由点 415 を経由して終点 411B を結ぶ線分 417、419 が銅箔ベタ電流経路に決定される。電流密度算出部 135 による電流経路幅の算出方法を、図 32 を参照しながら説明する。

[0127] まず、電流密度算出部 135 は、始点 411A から銅箔ベタ電流経路である線分 417 に対して垂線 417A を引き、銅箔ベタ 411 の周縁との交点間距離を電流経路幅とする。すなわち、始点 411A における電流経路幅は、垂線 417A の長さに相当する。次に、電流密度算出部 135 は、線分 417 上を始点 411A から所定の微小区間（例えば 0.05 ミリメートル）分だけ終点側に移動した点（調査点）において、始点 411A のときと同様に垂線 417B を引く。そして、電流密度算出部 135 は、垂線 417B の長さを算出し、線分 417A よりも小さい値の場合には、電流経路幅を更新する。

[0128] その後、電流密度算出部 135 は、調査点を銅箔ベタ電流経路上に所定の微小区間分だけ終点側に移動させながら、それぞれの調査点で垂線 417C～417D、419A～419B の長さを算出して、最小値で電流経路幅を更新していく処理を繰り返す。なお、頂点 415 のように複数の垂線が引け

る調査点では、電流密度算出部 135 は、複数の垂線について長さを算出する。具体的には例えば、頂点 415 の線分 417 に対する垂線 417D と、線分 419 に対する垂線 419A とに相当する。

[0129] 最後に、電流密度算出部 135 は、調査点が終点 411B に到達すると、終点 411B における垂線 419C を引き、垂線 419C の長さを算出して最小値の場合には電流経路幅を更新し、銅箔ベタ電流経路上の移動を終了する。この結果、銅箔ベタ電流経路上で算出した垂線の長さの最小値が電流経路幅として決定される。図 32 では、垂線 419A ~ 419C の長さが同じ最小値を示し、電流経路幅として決定される。

[0130] (1-4-5-2) 電流経路幅の算出 (その 2)

図 33 は、電流経路幅の最小値を算出する処理手順の一例を示すフローチャートである。電流密度算出部 135 は、図 33 に示す処理を行うことによって、図 32 で説明した電流経路幅の最小値の算出を実現することができる。図 33 に示す処理では、事前に、データ取得部 131 によってデータ格納部 120 から取得されたデータに基づいて決定される銅箔ベタの形状と、電流経路決定部 134 によって決定される銅箔ベタ電流経路に関する情報 (銅箔ベタ電流経路の始点及び終点を示す情報を含む) とが入力される。

[0131] まず、電流密度算出部 135 は、調査点を銅箔ベタ電流経路の始点に設定する (ステップ S501)。次に、電流密度算出部 135 は、ステップ S501 で設定した調査点を通り、銅箔ベタ電流経路に垂直な線を引く (ステップ S502)。そして、電流密度算出部 135 は、ステップ S502 で引いた垂線が銅箔ベタと交差する点を算出して、垂線における銅箔ベタの端点を決定する (ステップ S503)。

[0132] ここで、図 34 は、銅箔ベタの一例を示す説明図である。図 34 を参照しながら、垂線における銅箔ベタの端点について説明する。図 34 に示す銅箔ベタ 461 には、上流側の部品を搭載するピン 462 と、下流側の部品を搭載するピン 463 とが設けられている。線分 464 は、銅箔ベタ 461 における銅箔ベタ電流経路を示し、始点 461A から終点 461B を結ぶ直線で

ある。また、空洞４６５は、銅箔ベタ４６１内で銅箔が存在しない空洞領域である。

[0133] 図３４において、垂線４６６Ａは、調査点４６６における銅箔ベタ電流経路（線分４６４）に対する垂線である。垂線４６６Ａは、銅箔ベタ４６１の周縁と点４６７～４７０の４箇所で見え、空洞４６５と点４６５Ａ、４６５Ｂで見えする。このとき、電流算出部１３５は、点４６７と点４６８の間に調査点４６６が存在することから、点４６７、４６８を垂線４６６Ａにおける銅箔ベタ４６１の端点に決定する。電流算出部１３５は、点４６９と点４７０の間に調査点４６６が存在しないことから、点４６９、４７０を垂線４６６Ａにおける銅箔ベタ４６１の端点とはみなさない。また、電流算出部１３５は、点４６５Ａ、４６５Ｂは銅箔ベタ４６１内の空洞領域との交点であることから、点４６５Ａ、４６５Ｂについても銅箔ベタ４６１の端点とはみなさない。

[0134] ステップＳ５０３で銅箔ベタの端点が決まると、電流密度算出部１３５は、銅箔ベタの端点間の長さを算出する（ステップＳ５０４）。図３４を例にとると、銅箔ベタの端点間の長さは、点４６７と点４６８との間の長さになる。そして、銅箔ベタの端点の間に空洞領域が存在する場合には、電流密度算出部１３５は、ステップＳ５０４で算出した銅箔ベタ端点間の長さから空洞領域の長さを減算する（ステップＳ５０５）。図３４を例にとると、垂線４６６Ａは、銅箔ベタの端点である点４６７と点４６８との間に空洞領域との交点４６５Ａ、４６５Ｂを有するので、電流密度算出部１３５は、銅箔ベタ端点間の長さを示す点４６７～点４６８の長さから、空洞領域の長さを示す点４６５Ａ～点４６５Ｂの長さを減算する。

[0135] 次に、電流密度算出部１３５は、ステップＳ５０５までの処理で算出された長さを、これまで保持されている電流経路幅の値と比較して、最小値であるか否かを判定する（ステップＳ５０６）。電流経路幅は、例えば主記憶装置１２に保持される値とし、初期値を０とする。ステップＳ５０６において、算出した値が電流経路幅の最小値ではない場合には、ステップＳ５０８に移

行する。ステップS506において、算出した値が電流経路幅の最小値である場合には（ステップS506のYES）、電流密度算出部135は、算出値で電流経路幅を更新し（ステップS507）、ステップS508に移行する。例えば、調査点が銅箔ベタ電流経路の始点である場合には電流経路幅の値が0なので、電流密度算出部135は、ステップS505までの処理で算出された長さを電流経路幅として保持する。

[0136] ステップS508では、電流密度算出部135は、調査点が銅箔ベタ電流経路の終点であるか判定し（ステップS508）、終点である場合には（ステップS508のYES）処理を終了する。調査点が銅箔ベタ電流経路の終点でない場合には（ステップS508のNO）、電流密度算出部135は、調査点を銅箔ベタ電流経路上の終点方向に所定の微小区間分移動させ（ステップS509）、ステップ502以降の処理を繰り返す。

[0137] 上述のステップS501～S509の処理を行うことによって、電流密度算出部135は、銅箔ベタ電流経路における電流経路幅の最小値を算出できる。

[0138] （1－4－5－3）電流密度の算出

図35は、電流密度を説明するための概要図である。図35に示す銅箔481は、銅箔ベタを形成する銅箔である。銅箔481の幅は、電流密度算出部135によって算出される電流経路幅482に相当する。銅箔厚483は、銅箔が塗布された厚みであり、予め設定可能な値である。

[0139] ここで、銅箔ベタの電流密度は、銅箔ベタに流れる電流値を銅箔ベタの断面積で除算した値に相当する。銅箔ベタに流れる電流値とは、電流値決定部133によって決定される電流値に相当する。そして、銅箔ベタの断面積は、図35では電流経路幅482と銅箔厚483とを乗算して表わされる。従って、図35を例にとると、電流密度算出部135は、電流値決定部133によって決定された銅箔ベタ481に流れる電流値を、電流経路幅482で除算し、さらに銅箔厚483で除算することによって、電流密度を算出する。

[0140] このようにして、電流密度算出部 135 は、プリント基板の電流経路の配線を形成する各銅箔ベタにおける電流密度を算出することにより、プリント基板の電流経路の配線部分における電流密度を算出する。そして、電流密度算出部 135 は、電流経路を構成する配線ごとに電流密度を算出し、算出結果を算出結果リストに出力する。

[0141] 図 36 (a) は、算出結果リストの一例を示すデータ図である。算出結果リスト 151 は、番号欄 151 A、座標欄 151 B、定常電流密度欄 151 C、及び異常電流密度欄 151 D を有して構成される。座標欄 151 B には、電流密度の算出を行った配線を示す座標が記載される。配線を示す座標には、例えば、当該配線において電流経路の始点の座標を用いてもよいし、その他の当該配線を特定できる座標等を用いてもよい。定常電流密度欄 151 C には、定常電流を用いて算出した場合の電流密度の算出結果が記載され、異常電流密度欄 151 D には、異常電流を用いて算出した場合の電流密度の算出結果が記載される。算出結果リスト 151 は、例えば主記憶装置 12 に格納される。

[0142] (1-4-6) 不合格箇所リストの作成

不合格箇所リスト作成部 136 は、電流密度算出部 135 によって算出された電流密度が設計値を満たす許容範囲内であるか否かを判定し、不合格と判定した箇所（電流経路）のリストを生成して出力する。

[0143] 図 36 (b) は、基準値リストの一例を示すデータ図である。基準値リスト 152 は、設計時に電流密度の許容範囲として設定される設計値が格納されたリストであり、例えばデータ格納部 120 に予め入力されて格納される。基準値リスト 152 は、データ取得部 131 がデータ格納部 120 に格納されているデータを取得するときに、合わせて取得されてもよいし、不合格箇所リスト作成部 136 によって格納先から取得されてもよい。

[0144] 図 36 に示す基準値リスト 152 は、定常電流の場合の電流密度の設計値が記載される定常電流密度欄 152 A と、異常電流の場合の電流密度の設計値が記載される異常電流密度欄 152 B とを有して構成されているが、定常

電流値及び異常電流値の上下限が指定されるようなリストであってもよい。

[0145] 不合格箇所リスト作成部 136 は、電流密度算出部 135 によって作成された算出結果リスト 151 と基準値リスト 152 とを比較し、電流密度算出部 135 によって算出された電流密度が、基準値リスト 152 に記載された設計値に適合しているか否かを判定する。そして、不合格箇所リスト作成部 136 は、基準値リスト 152 に記載された設計値の許容範囲内にない電流密度を不合格と判定し、不合格と判定した電流密度に関する情報を不合格箇所リストに纏める。

[0146] 図 37 は、不合格箇所リストの一例を示すデータ図である。不合格箇所リスト 153 は、図 36 (a) に示した算出結果リスト 151 と同様に、番号欄 153 A、座標欄 153 B、定常電流密度欄 153 C、及び異常電流密度欄 153 D を有して構成される。座標欄 152 B には、不合格と判定された電流密度に対応する配線を特定可能な座標が記載され、定常電流密度欄 153 C 及び異常電流密度欄 153 D には、不合格と判定された電流密度が記載される。なお、定常電流密度又は異常電流密度の何れかが不合格と判定された場合には、不合格ではない電流密度、すなわち、設計値の許容範囲内であった電流密度については、図 37 に示すように「OK」のような記載がされてもよい。

[0147] なお、図 36 (a) の算出結果リスト 151 及び図 37 の不合格箇所リスト 153 では、配線を特定するための情報として座標欄 151 B、153 B が設けられているが、座標以外に配線を特定可能な情報（例えば配線名）が記載されるようになっていてもよい。

[0148] 最後に、不合格箇所リスト作成部 136 は、作成した不合格箇所リスト 153 を出力装置 30 に送信し、出力装置 30 は、受信した不合格箇所リスト 153 に基づいて、プリント基板設計検証システム 1 による検証結果を出力する。出力装置 30 による検証結果の出力は、例えばディスプレイに表示するようにしてもよいし、プリンタ機能を用いて印刷するようにしてもよいし、その他の一般的な出力方法を適用するようにしてもよい。

[0149] (1-5) 本実施の形態による効果

このようなプリント基板設計検証システム 1 によれば、データ格納部 120 に入力されたプリント基板設計データ 121、入力電流値 122、GND 配線名 123、部品電流値 124、及び配線電流値 125 に基づいて、設計検証部 130 がプリント基板の銅箔ベタによる配線部分における電流密度を算出することができ、算出した電流密度が設計値として許容された範囲内にあるかを判定することによって、判定の基準を満たさない不合格な配線箇所（不合格箇所）を選定することができる。プリント基板設計検証システム 1 は、このようにプリント基板の設計データに基づいてプリント基板の電流密度に対する検証を行うことによって、部品が搭載された後のプリント基板を想定して電流密度の不合格箇所を選定できるので、電流供給時に発生する発熱により配線及び当該配線が接続する部品で劣化や破損が発生することを未然に防止することができる。

[0150] さらに、このようなプリント基板設計検証システム 1 によれば、電流密度の不合格箇所が出力されたプリント基板について、直接的あるいは対話的に修正を加え、修正後のプリント基板に対して再度検証を行うことによって、不適格な電流密度が発生しないプリント基板を設計することができる。その結果、プリント基板の製造前に電流密度の超過という問題を解消することができるので、プリント基板を製造し部品を搭載した後に電流密度の超過という問題が顕在化する場合に比べて、プリント基板の製造後に再設計を行う必要もないため、短い時間で設計工程を収束させることができる。

[0151] また、このようなプリント基板設計検証システム 1 によれば、定常電流だけでなく異常電流をプリント基板に供給した場合の電流密度についても検証を行うことができるので、異常電流が発生した際に設計値を超える電流密度が発生してヒューズ等の保護部品が焼損する可能性を事前に判定することができる。そして、不適格な異常電流密度が発生すると判定された配線について修正を行うことにより、異常電流の発生時に電流密度が設計値の許容範囲内に収まるような修正を、プリント基板の製造前に行うことができ、ヒュー

ズ等の部品による製品の保護を確実に実現することができる。

[0152] さらに、このようなプリント基板設計検証システム 1 によれば、設計を進めていくに従って銅箔ベタに関する情報が次第に増えていくので、プリント基板の電流経路を特定できる程度の銅箔ベタ情報が入力できる段階であれば、プリント基板の設計が完了する前の中途段階であっても現段階で想定される製造後のプリント基板について電流密度の超過の有無を判定することができるので、設計中途の段階で修正を行いながら電流密度が設計値の許容範囲内に収まるような設計を推進することができ、プリント基板の製造後の再設計による手戻りを防止し、プリント基板の設計に要する全体的な工程時間を短縮する効果が期待できる。

[0153] (2) 他の実施の形態

なお、上述の実施の一形態によるプリント基板設計検証システム 1 では、入力装置 20 及び出力装置 30 が計算機 10 とは別に構成される場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えば入力装置 20 及び出力装置 30 が計算機 10 と一体化して構成されてもよい。このようなプリント基板設計検証システムでは、1 台の情報処理装置によってプリント基板の電流密度を検証することができる。

[0154] また、上述の実施の一形態によるプリント基板設計検証システム 1 では、プリント基板の設計データ（例えばプリント基板設計データ 121 や入力電流値 122 等）が入力装置 20 から入力されてデータ格納部 120 に格納され、データ格納部 120 は主記憶装置 12 又は補助記憶装置 13 の少なくとも何れかの記録媒体である場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えば計算機 10 とは別にデータを格納するデータベースが設けられ、プリント基板の設計データが入力装置 20 から当該データベースに入力されて格納されるように構成されてもよい。このとき、設計検証部 130 による検証処理の開始時に、データ取得部 131 がデータベースから必要な情報を取得するようにすればよい。このようなプリント基板設計検証システムでは、計算機 10 の動作状況とは関係なく、プリント基板の設計データをデータベー

スに随時蓄積することができるので、システム全体の利便性を向上させる効果が期待できる。

[0155] また、上述の実施の一形態によるプリント基板設計検証システム 1 では、プリント基板設計データ 1 2 1 が、図 3 に示した部品データテーブル 1 4 1 のようにテーブル構造のデータが複数個集められて構成される場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えばプリント基板設計データ 1 2 1 が部品の 2 次元データや 3 次元データ等を含んで構成されるようにしてもよい。さらに、データ格納部 1 2 0 に格納される各データの形式についても、テーブル形式に限定されるものではない。このように構成されたプリント基板設計検証システムでは、プリント基板の設計データとして様々な形式のデータを用いることができる。

[0156] また、上述の実施の一形態によるプリント基板設計検証システム 1 では、プリント基板の配線部分が銅箔ベタによって形成される場合について述べたが、本発明はこれに限らず、プリント基板の配線に、導電性を有する銅以外の金属を用いて形成される配線が用いられてもよい。このとき、例えば銅箔の代わりにアルミニウムを用いた配線（アルミニウム配線）の場合には、電流密度算出部は、アルミニウム配線に入力される電流値、アルミニウム箔による電流経路幅、及びアルミニウム箔の塗布厚に基づいて、配線部分の電流密度を算出すればよい。

符号の説明

- [0157]
- | | |
|-------|----------------|
| 1 | プリント基板設計検証システム |
| 1 0 | 計算機 |
| 1 1 | 中央処理装置 |
| 1 2 | 主記憶装置 |
| 1 3 | 補助記憶装置 |
| 1 4 | 入出力インタフェース |
| 1 1 0 | 制御部 |
| 1 2 0 | データ格納部 |

- 1 3 0 設計検証部
- 1 3 1 データ取得部
- 1 3 2 電流経路探索部
- 1 3 3 電流値決定部
- 1 3 4 電流経路決定部
- 1 3 5 電流密度算出部
- 1 3 6 不合格箇所リスト生成部
- 2 0 入力装置
- 3 0 出力装置

請求の範囲

[請求項1]

プリント基板の設計中途以降の段階までに決定されるデータを示すプリント基板設計データと、プリント基板の製造時に必要となるデータを示すプリント基板製造用データとを入力する入力部と、

前記入力部から入力されたプリント基板設計データ及びプリント基板製造用データを格納するデータ格納部と、

前記データ格納部に格納されたプリント基板設計データ及びプリント基板製造用データに基づいて、前記プリント基板を製造した場合の電流経路における電流密度を算出し、前記算出した電流密度を参照して、設計値として定められた許容範囲を超える電流密度が発生する配線の不合格箇所が前記電流経路上にないか判定する設計検証部と、

前記設計検証部によって判定された配線の不合格箇所を示す情報を出力する出力部と、

を備え、

前記設計検証部は、

前記データ格納部に格納されたプリント基板設計データ及びプリント基板製造用データを取得し、

前記取得したプリント基板設計データ及び前記プリント基板製造用データに基づいて製造後のプリント基板における電流経路を探索し、

前記探索した電流経路について、該電流経路の配線を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定し、

前記各銅箔ベタにおける電流経路を示す銅箔ベタ電流経路を決定し、

前記各銅箔ベタについて決定した電流値及び銅箔ベタ電流経路に基づいて、前記各銅箔ベタにおける電流密度を算出し、

前記算出した電流密度が前記設計値の許容範囲を超えていないか判定し、前記判定の基準を満たさない銅箔ベタによる配線箇所を前記不合格箇所とする

ことを特徴とするプリント基板設計検証システム。

- [請求項2] 前記設計検証部は、前記プリント基板に定常電流が供給された場合の前記銅箔ベタにおける電流密度を示す定常電流密度と、前記プリント基板に異常電流が供給された場合の前記銅箔ベタにおける電流密度を示す異常電流密度とを算出し、前記算出した定常電流密度及び異常電流密度が各電流密度に対応して定められる設計値の許容範囲を超えていないか判定する

ことを特徴とする請求項1記載のプリント基板設計検証システム。

- [請求項3] 前記設計検証部は、前記プリント基板における電流経路を探索するときに、該プリント基板上の配線に接続される複数の部品のピン数に基づいて電流が提供される始点部品を決定し、前記決定した始点部品を始点とする電流経路を探索する過程で、グラウンド配線に到達した場合及び電力消費量が大きい所定の部品に到達した場合には、該経路における以降の電流経路を探索しない

ことを特徴とする請求項1記載のプリント基板設計検証システム。

- [請求項4] 前記設計検証部は、前記銅箔ベタに流れる電流値と、該銅箔ベタにおける銅箔ベタ電流経路に対する銅箔面の幅の最小値と、該銅箔ベタの銅箔層の厚さとに基づいて、該銅箔ベタにおける電流密度を算出する

ことを特徴とする請求項1記載のプリント基板設計検証システム。

- [請求項5] 前記設計検証部は、前記各銅箔ベタにおける銅箔ベタ電流経路を、該銅箔ベタに電流が供給される始点及び終点の位置と該銅箔ベタの形状とに応じて決定する

ことを特徴とする請求項1記載のプリント基板設計検証システム。

- [請求項6] 前記設計検証部は、配線に接続する部品が銅箔ベタに存在しない場合に、該銅箔ベタに接続して設けられたヴィアを前記銅箔ベタ電流経路の始点又は終点とみなす

ことを特徴とする請求項5記載のプリント基板設計検証システム。

[請求項7] 前記プリント基板製造用データは、前記プリント基板に供給される電流値を示す入力電流値、前記プリント基板のグラウンド配線を示すグラウンド配線情報、前記プリント基板に搭載される部品に流れる電流値を示す部品電流値、前記プリント基板の配線に流れる電流値を示す配線電流値を含む

ことを特徴とする請求項1記載のプリント基板設計検証システム。

[請求項8] プリント基板を製造した場合の電流経路における電流密度が設計値として定められた許容範囲を超えないかを検証するプリント基板設計検証システムによるプリント基板設計検証方法であって、

前記プリント基板設計検証システムは、

データが入力される入力部と、

前記入力部によって入力されたデータを格納するデータ格納部と、

前記データ格納部に格納されたデータに基づいてプリント基板を製造した場合の電流経路における電流密度を検証する設計検証部と、

前記設計検証部による検証結果を出力する出力部と、

を有し、

前記入力部が、プリント基板の設計中途以降の段階までに決定されるデータを示すプリント基板設計データと、プリント基板の製造時に必要となるデータを示すプリント基板製造用データとを前記データ格納部に入力するデータ入力ステップと、

前記データ格納部が、前記入力されたプリント基板設計データ及びプリント基板製造用データを格納するデータ格納ステップと、

前記設計検証部が、前記格納されたデータを取得するデータ取得ステップと、

前記設計検証部が、前記取得されたデータに基づいて、製造後のプリント基板における電流経路を探索する電流経路探索ステップと、

前記設計検証部が、前記探索された電流経路について、該電流経路の配線を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定する電流値決定ス

テップと、

前記設計検証部が、前記電流値が決定された各銅箔ベタにおける電流経路を示す銅箔ベタ電流経路を決定する銅箔ベタ電流経路決定ステップと、

前記設計検証部が、前記電流値決定ステップで決定された電流値と前記銅箔ベタ電流経路決定ステップで決定された銅箔ベタ電流経路とに基づいて、前記各銅箔ベタにおける電流密度を算出する電流密度算出ステップと、

前記設計検証部が、前記算出した電流密度が前記設計値の許容範囲を超えていないか判定し、前記判定の基準を満たさない銅箔ベタによる配線箇所を不合格箇所とする不合格箇所判定ステップと、

前記出力部が、前記不合格箇所判定ステップで不合格箇所とされた配線箇所を出力する検証結果出力ステップと、

を備えることを特徴とするプリント基板設計検証方法。

[請求項9]

前記電流密度算出ステップでは、前記設計検証部が、前記プリント基板に定常電流が供給された場合の前記銅箔ベタにおける電流密度を示す定常電流密度と、前記プリント基板に異常電流が供給された場合の前記銅箔ベタにおける電流密度を示す異常電流密度とを算出し、

前記不合格箇所判定ステップでは、前記設計検証部が、前記電流密度算出ステップで算出した定常電流密度及び異常電流密度が、各電流密度に対応して定められる設計値の許容範囲を超えていないか判定する

ことを特徴とする請求項8記載のプリント基板設計検証方法。

[請求項10]

前記電流経路探索ステップでは、前記設計検証部が、前記プリント基板における電流経路を探索するときに、該プリント基板上の配線に接続される複数の部品のピン数に基づいて電流が提供される始点部品を決定し、前記決定した始点部品を始点とする電流経路を探索する過程で、グラウンド配線に到達した場合及び電力消費量大きい所定の

部品に到達した場合には、該経路における以降の電流経路を探索しない

ことを特徴とする請求項 8 記載のプリント基板設計検証方法。

[請求項11] 前記電流密度算出ステップでは、前記設計検証部が、前記銅箔ベタに流れる電流値と、該銅箔ベタにおける銅箔ベタ電流経路に対する銅箔面の幅の最小値と、該銅箔ベタの銅箔層の厚さとに基づいて、該銅箔ベタにおける電流密度を算出する

ことを特徴とする請求項 8 記載のプリント基板設計検証方法。

[請求項12] 前記銅箔ベタ電流経路決定ステップでは、前記設計検証部が、前記各銅箔ベタにおける銅箔ベタ電流経路を、該銅箔ベタに電流が供給される始点及び終点の位置と該銅箔ベタの形状とに応じて決定する

ことを特徴とする請求項 8 記載のプリント基板設計検証方法。

[請求項13] 前記銅箔ベタ電流経路決定ステップでは、前記設計検証部が、配線に接続する部品が銅箔ベタに存在しない場合に、該銅箔ベタに接続して設けられたヴィアを前記銅箔ベタ電流経路の始点又は終点とみなす

ことを特徴とする請求項 1 2 記載のプリント基板設計検証方法。

[請求項14] 前記データ入力ステップでは、前記入力部が、前記プリント基板に供給される電流値を示す入力電流値、前記プリント基板のグラウンド配線を示すグラウンド配線情報、前記プリント基板に搭載される部品に流れる電流値を示す部品電流値、前記プリント基板の配線に流れる電流値を示す配線電流値を含むプリント基板製造用データと、前記プリント基板設計データとを前記データ格納部に入力する

ことを特徴とする請求項 8 記載のプリント基板設計検証方法。

[請求項15] プリント基板の設計中途以降の段階までに決定されるデータを示すプリント基板設計データと、プリント基板の製造時に必要となるデータを示すプリント基板製造用データとが入力されて記憶領域に格納されるコンピュータに、

前記記憶領域に格納されたプリント基板設計データ及びプリント基

板製造用データを取得するデータ取得手順と、

前記データ取得手順で取得したデータに基づいて、製造後のプリント基板における電流経路を探索する電流経路探索手順と、

前記電流経路探索手順で探索した電流経路について、該電流経路の配線を形成する各銅箔ベタに流れる電流値を決定する電流値決定手順と、

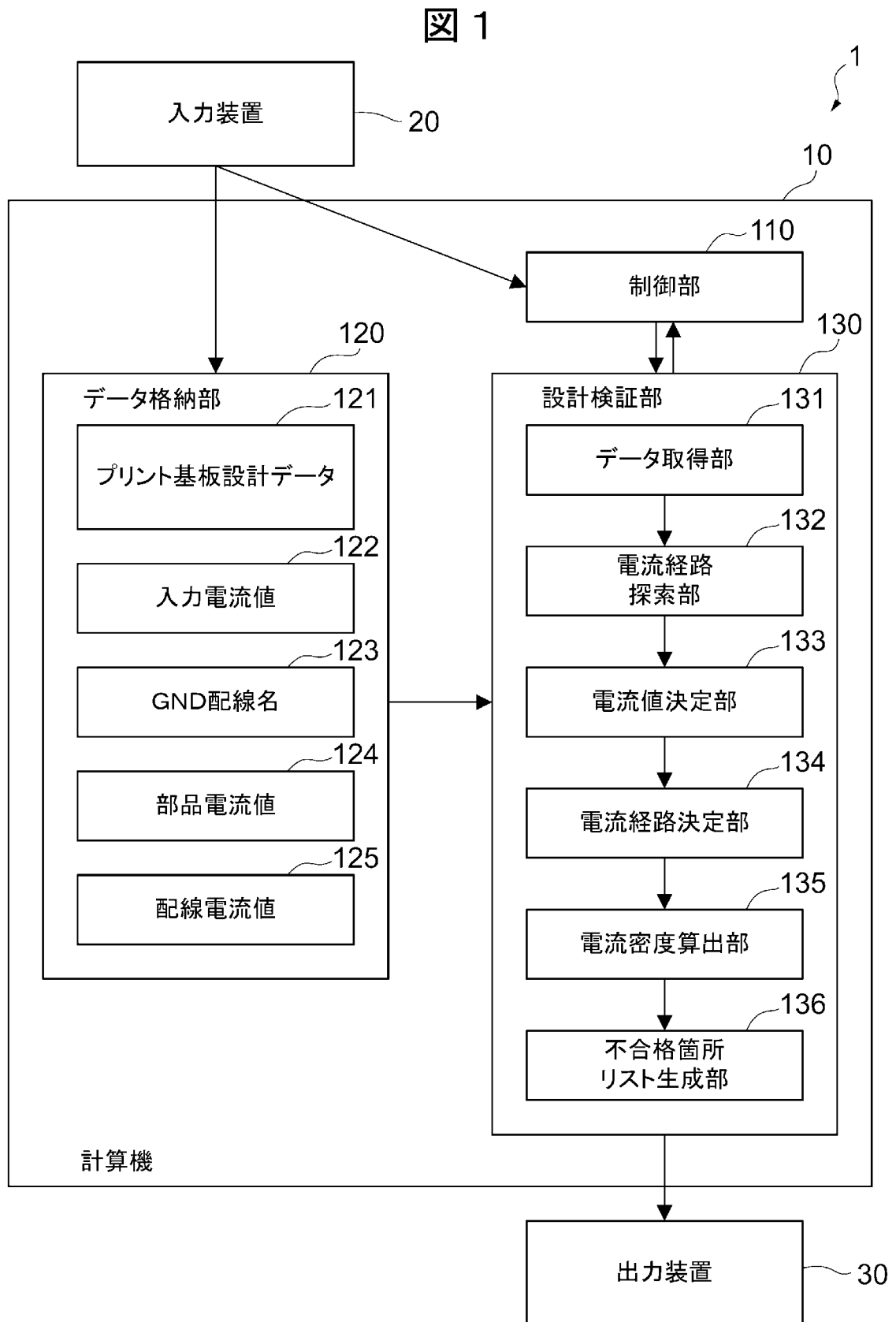
前記電流値決定手順で電流値を決定した各銅箔ベタにおける電流経路を示す銅箔ベタ電流経路を決定する銅箔ベタ電流経路決定手順と、

前記電流値決定手順で決定した電流値と前記銅箔ベタ電流経路決定手順で決定した銅箔ベタ電流経路とに基づいて、前記各銅箔ベタにおける電流密度を算出する電流密度算出手順と、

前記電流密度算出手順で算出した電流密度が設計値の許容範囲を超えていないか判定し、前記判定の基準を満たさない銅箔ベタによる配線箇所を不合格箇所とする不合格箇所判定手順と、

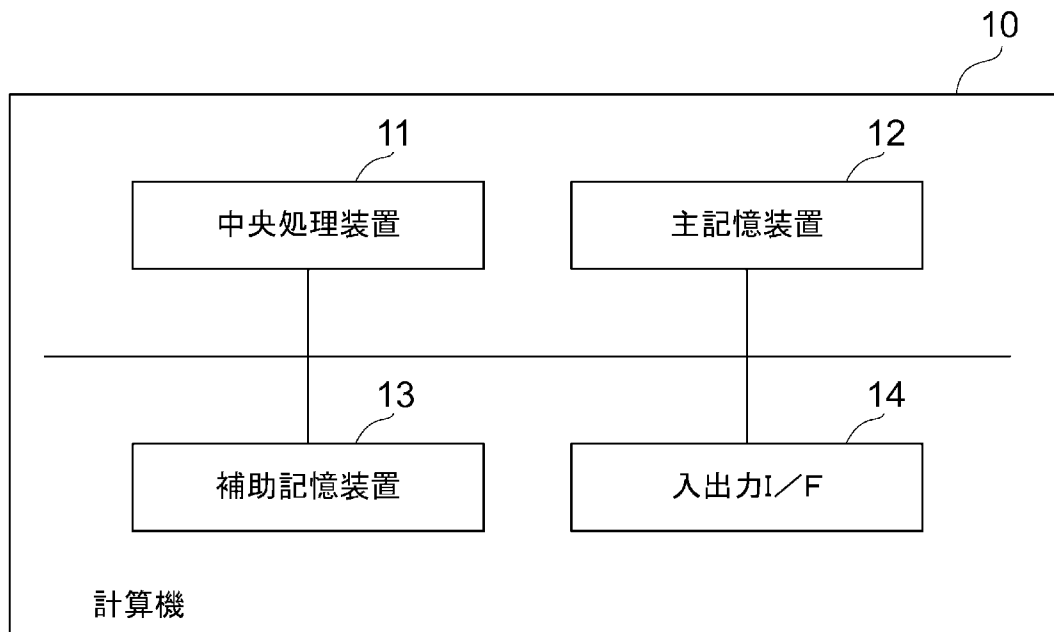
を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

[図1]



[図2]

図 2



[図3]

図 3

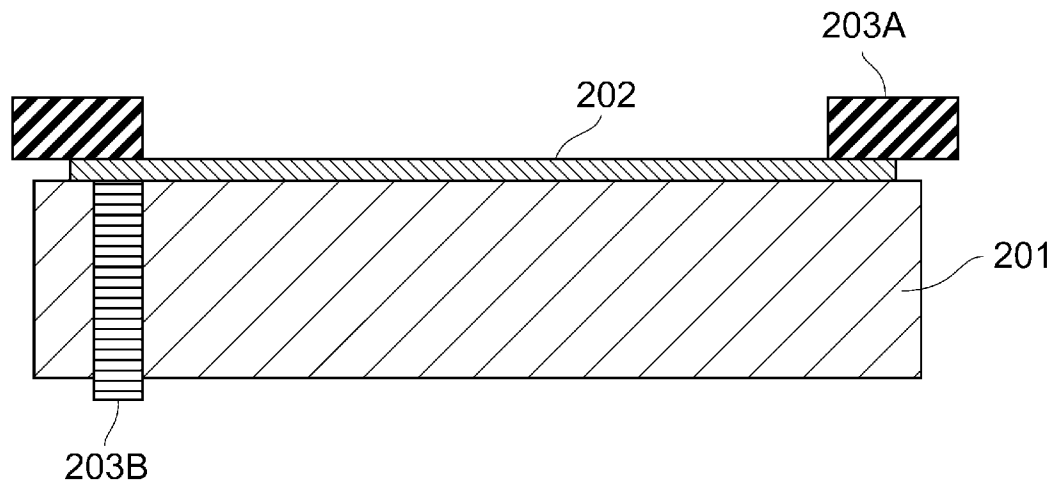
141

141A	141B	141C	141D	141E
No.	部品名	ピン名	配線名	ピンの位置情報 (X,Y) / 層
1	U1	U1.1	P12V_IN	(100,40) / THROUGH
2		U1.2	P12V_STBY	(180, 40) / THROUGH
3	EC1	U1.3	P5V	(320, 10) / TOP
4		U1.3	GND	(320, -20) / TOP
:	:	:	:	:

部品データテーブル

[図4]

図 4



[図5]

図 5

142			
142A	142B	142C	142D
No.	配線名	定常電流値 [A]	異常電流値 [A]
1	P12V_IN	40	50
2	P12V_STBY	5	10
3	P5V	1.5	5
⋮	⋮	⋮	⋮

入力電流値テーブル

[図6]

図 6

143

143A		143B	143C	143D	143E
No.	ピン名	配線名	定常電流値 [A]	異常電流値 [A]	
1	U1.1	P3V_A	12	15	
2	U2.1	P3V_B	8	10	
3	U3.1	P5V_N	15	16	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

入力電流値テーブル

[図7]

図 7

144

144A		144B	
No.	配線名		
1	GND		
2	GND1		
:	:		

GND配線名テーブル

[図8]

図 8

145

145A		145B		145C		145D		145E	
No.	部品名 (ピン名)		定常電流値 [A]		異常電流値 [A]		上流 適用		
1	U001(1-2)		20		25		有		
2	U001(3-4)		20		25		有		
3	Q1		12		16		無		
4	F2		(未定義)		8		無		
5	L1		1.5		2		有		
:	:		:		:		:		

部品電流値テーブル

[図9]

図 9

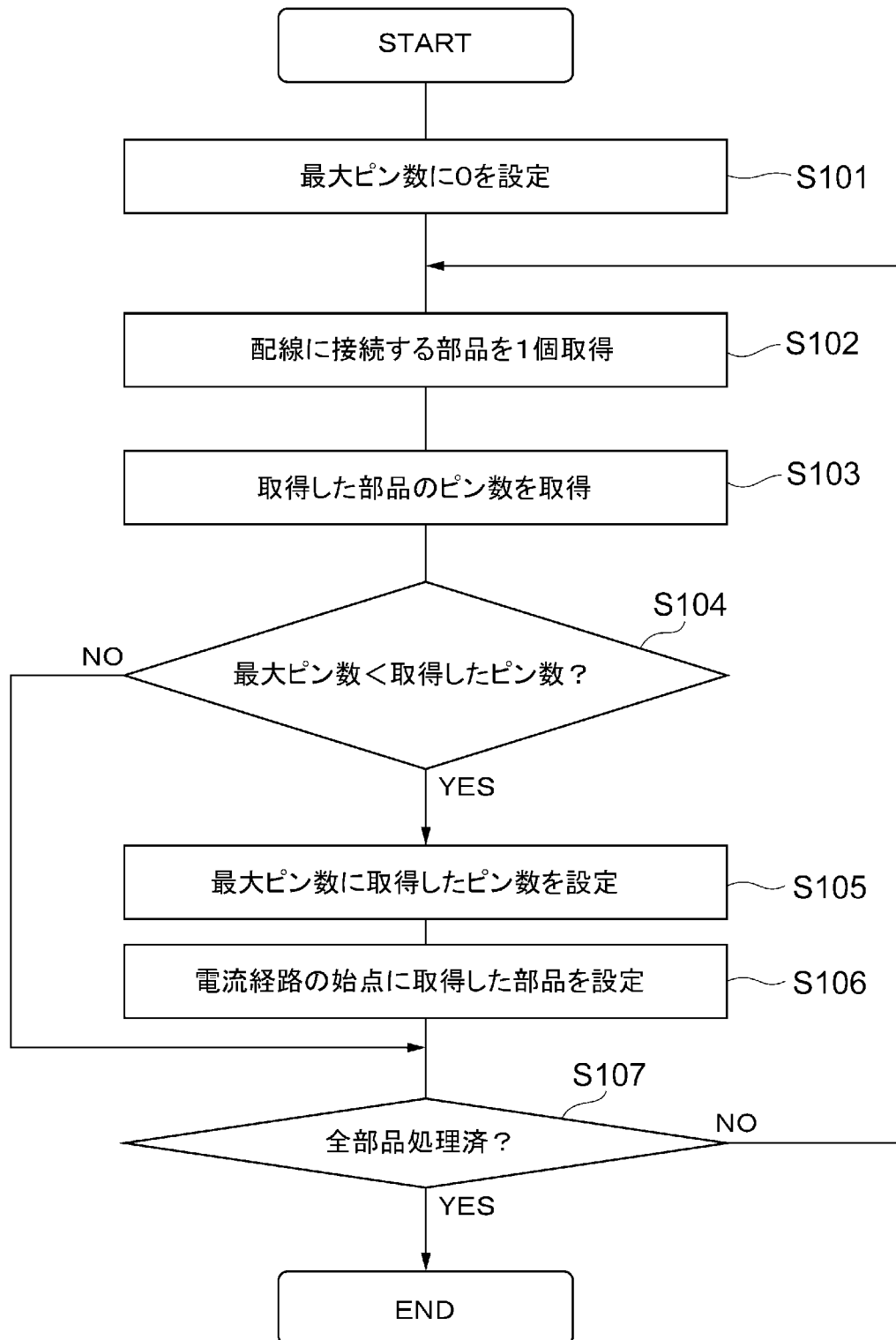
146

146A		146B		146C		146D	
No.	配線名		定常電流値 [A]		異常電流値 [A]		
1	PV5_M1		0.5		5		
2	PV5_M2		0.4		5		
:	:		:		:		

配線電流値テーブル

[図10]

図 1 0



[図11]

図 1 1

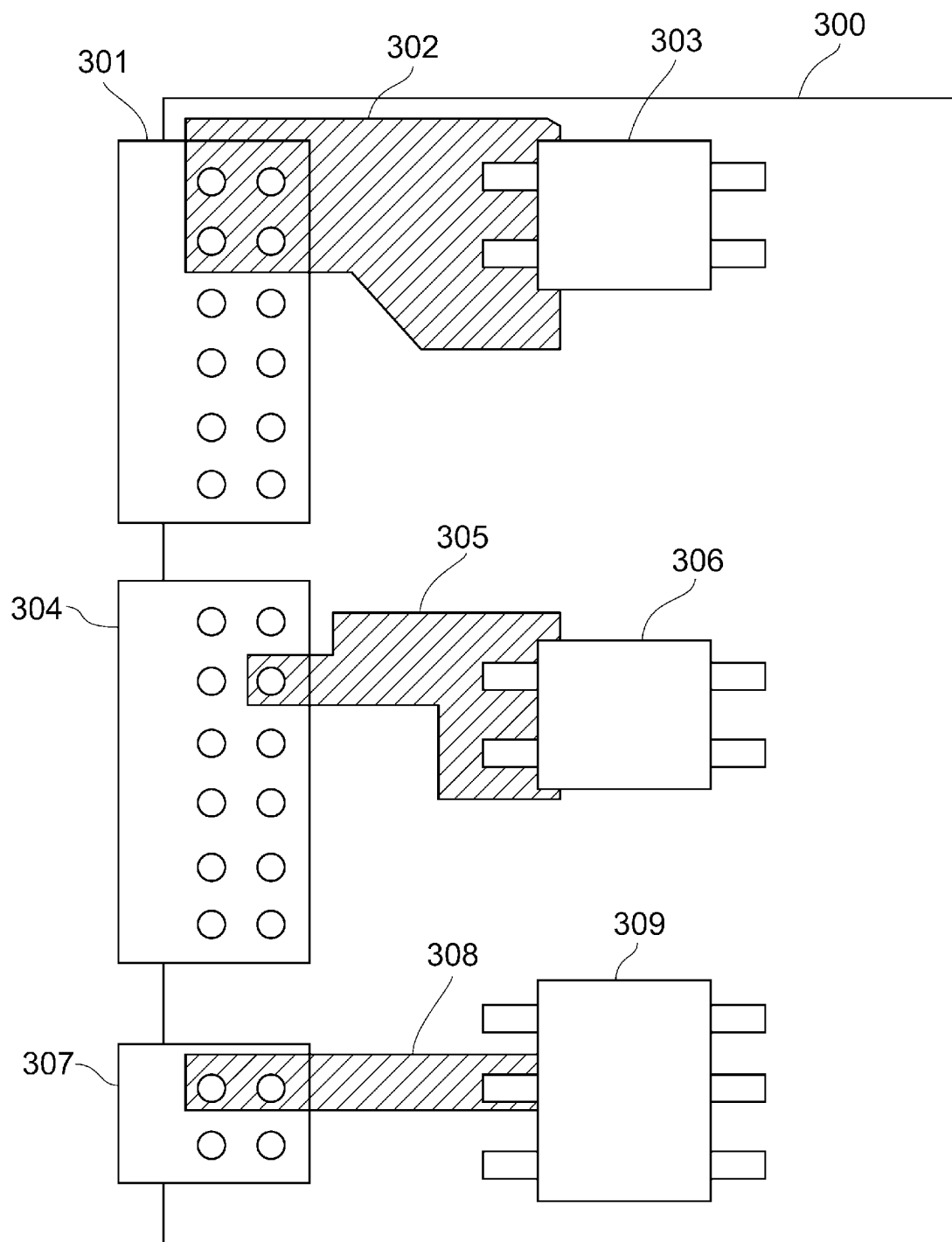
147

147A		147B		147C		147D		147E	
No.	部品名 (ピン名)		配線名		定常電流値 [A]		異常電流値 [A]		
1	U1.1		P3V_A		12		15		
2	U2.1		P3V_B		8		10		
3	U3.1		P5V_N		15		16		
4	CON1		P12V_IN		12		15		
5	J1		P12V_STBY		5		10		
6	J2		P5V		1.5		5		
:	:		:		:		:		

始点部品テーブル

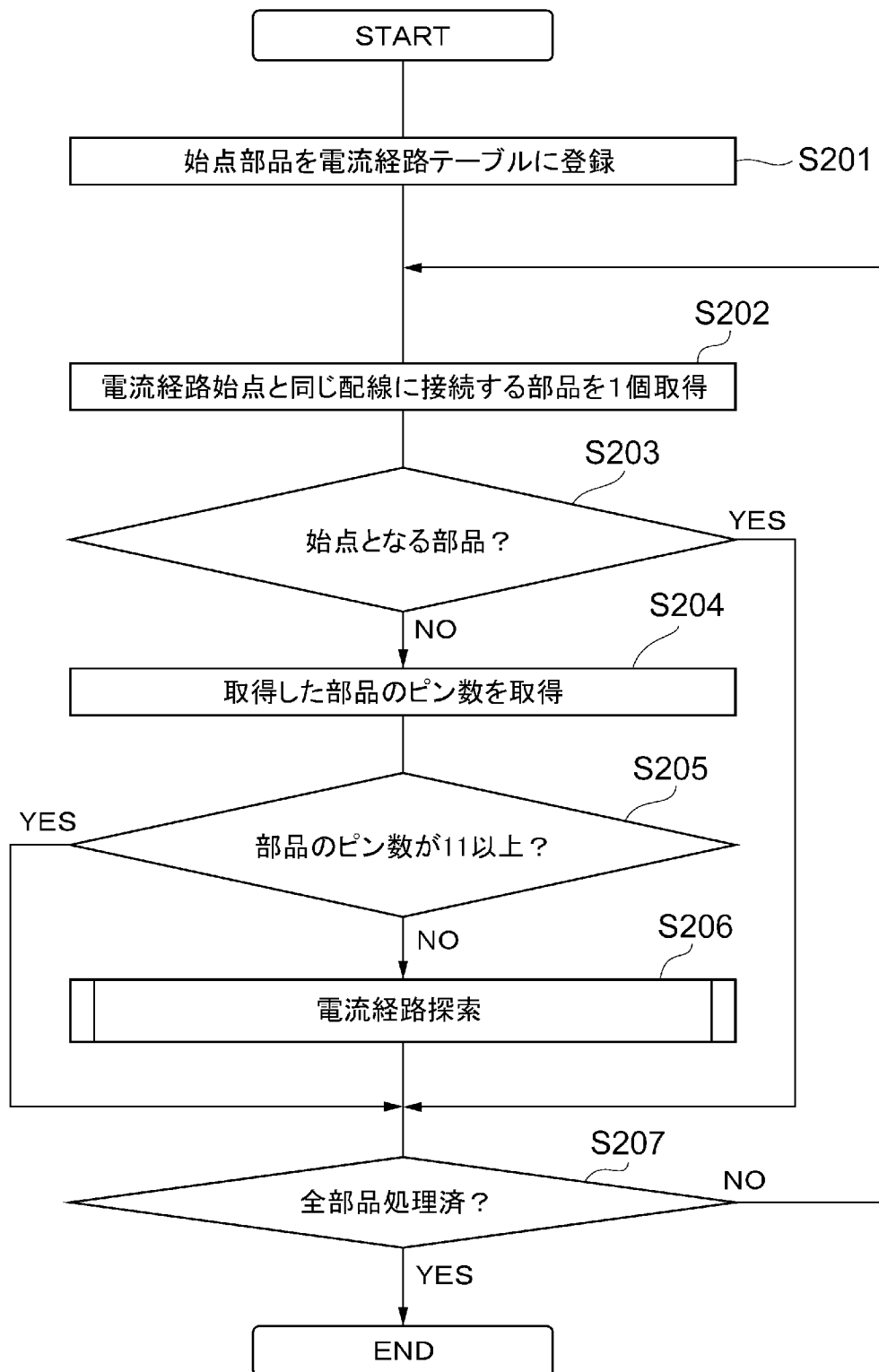
[図12]

図 1 2



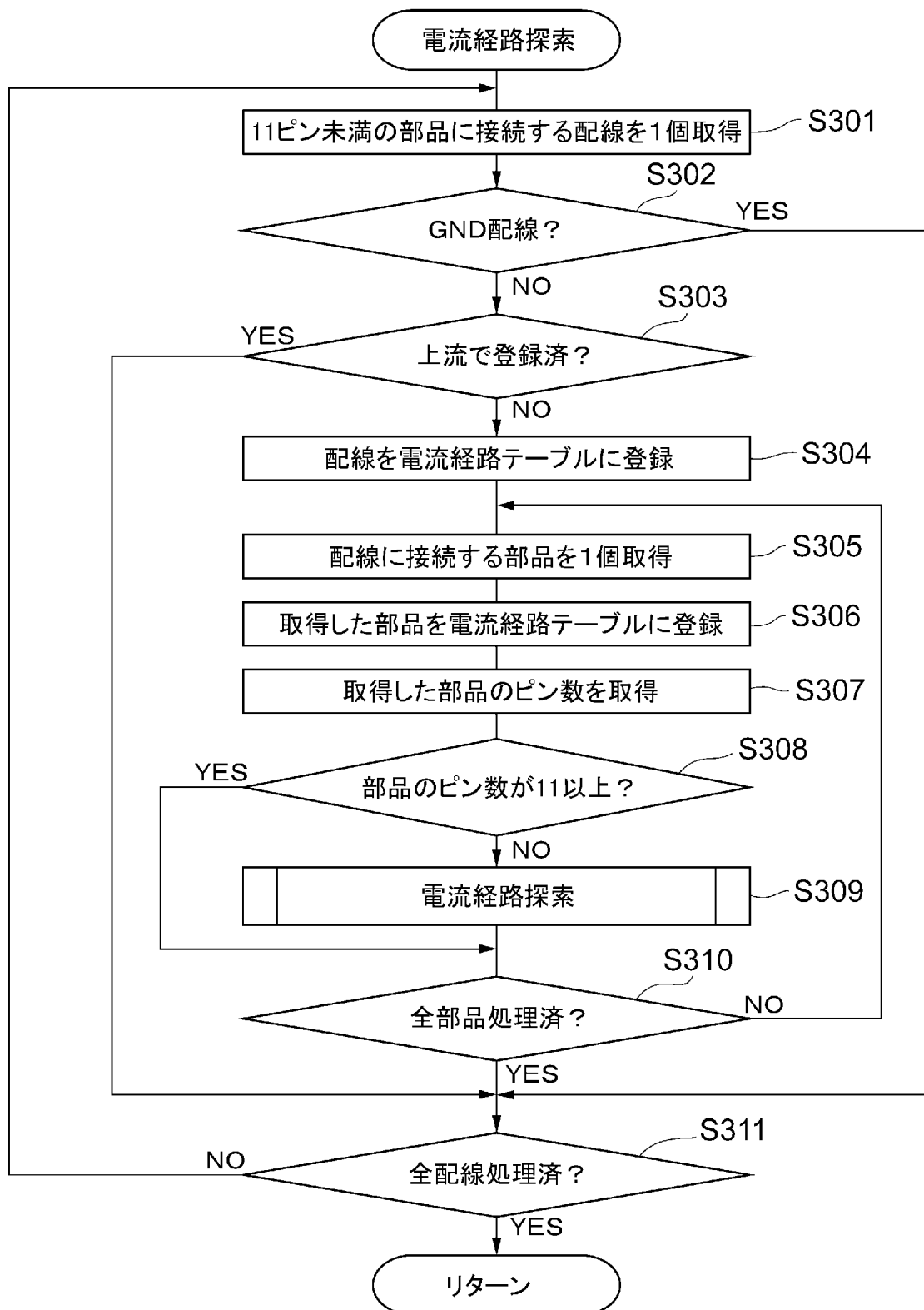
[図13]

図 1 3



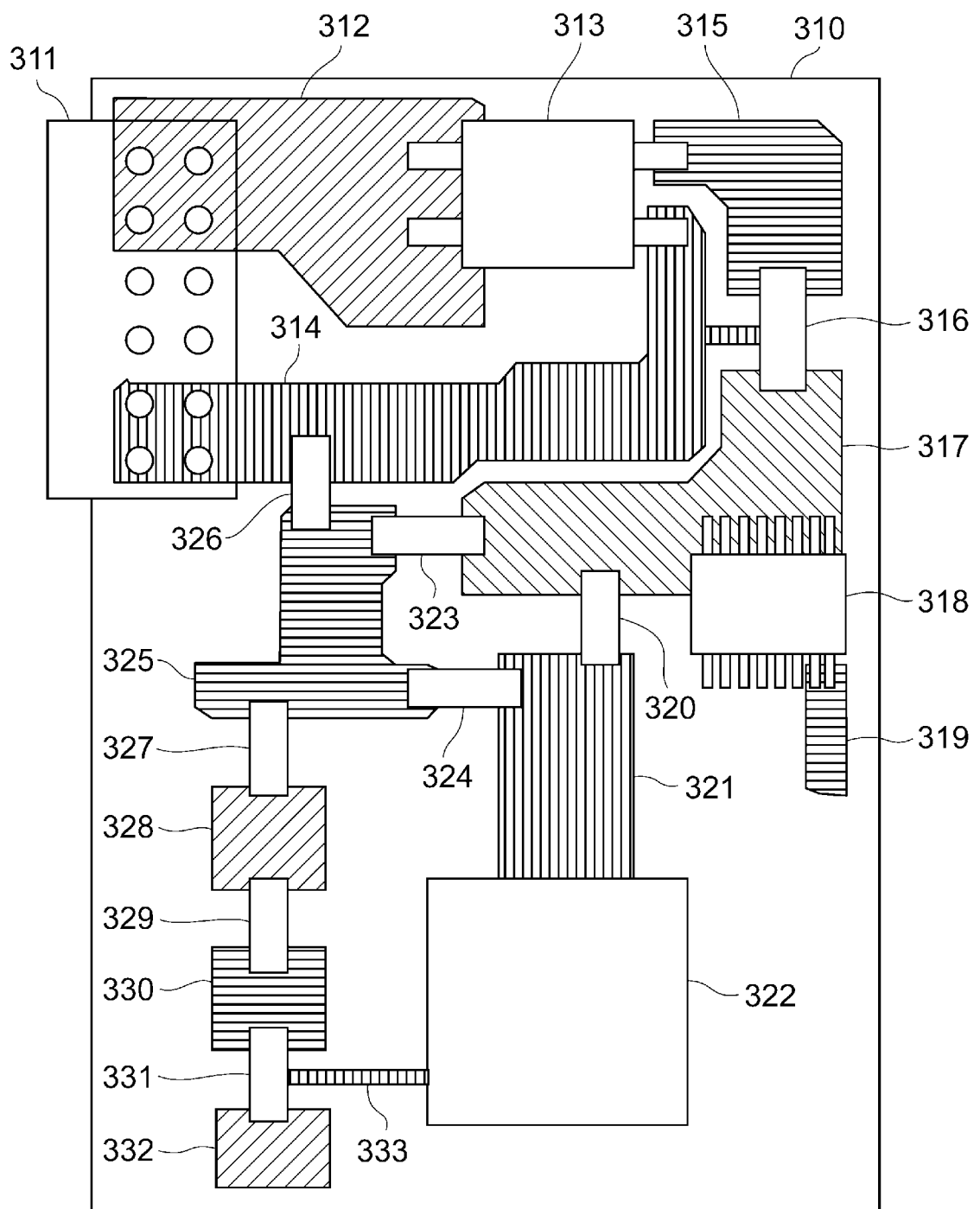
[図14]

図 1 4



[図15]

図 15



[図16]

図 1 6

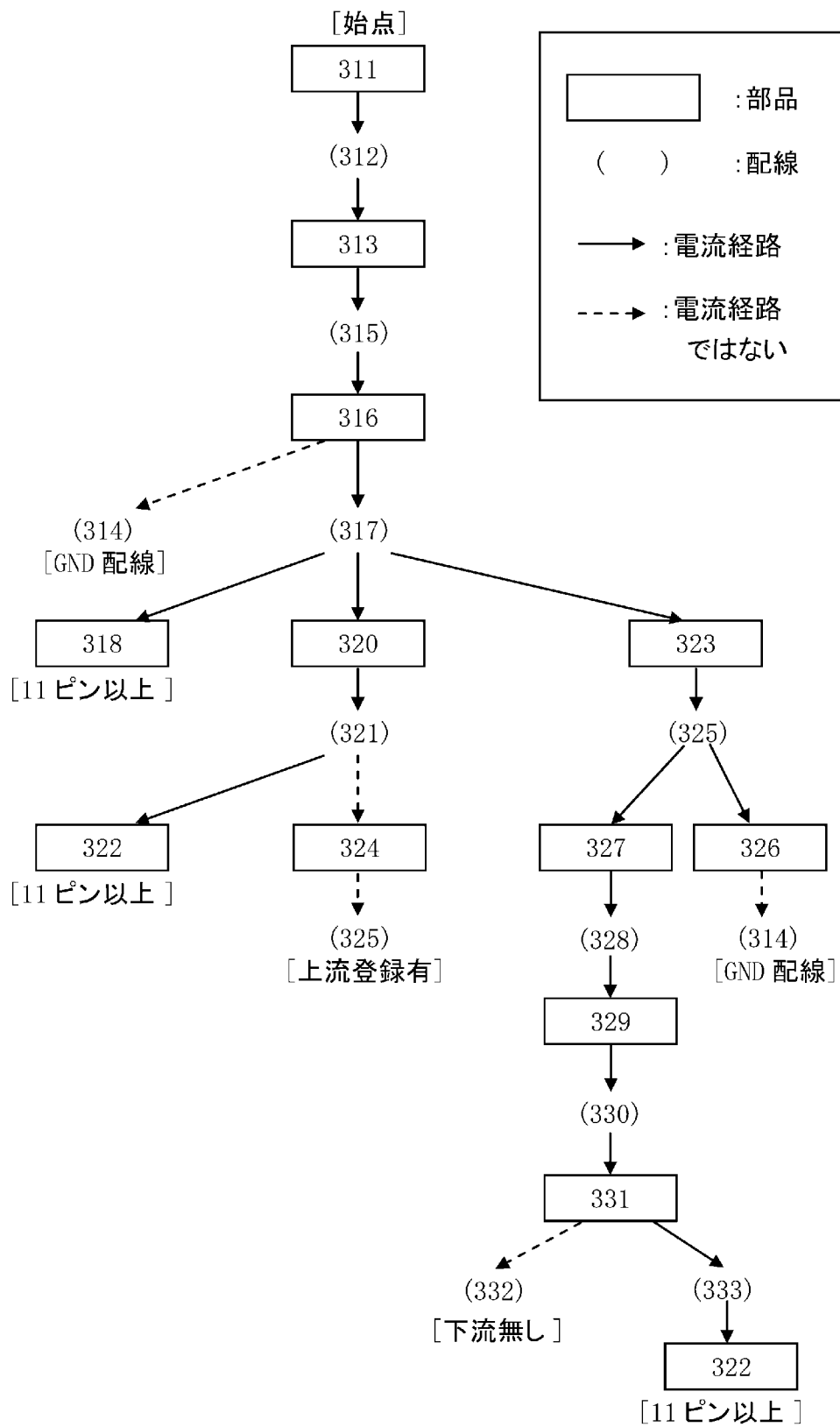
148

148A		148B			
部品／配線	経路情報				
部品	311				
配線	312				
部品	313				
配線	315				
部品	316				
配線	317				
部品	318	320		323	
配線		321		325	
部品		322	324	327	326
配線				328	
部品				329	
配線				330	
部品				331	
配線				332	333
部品				322	

電流経路テーブル

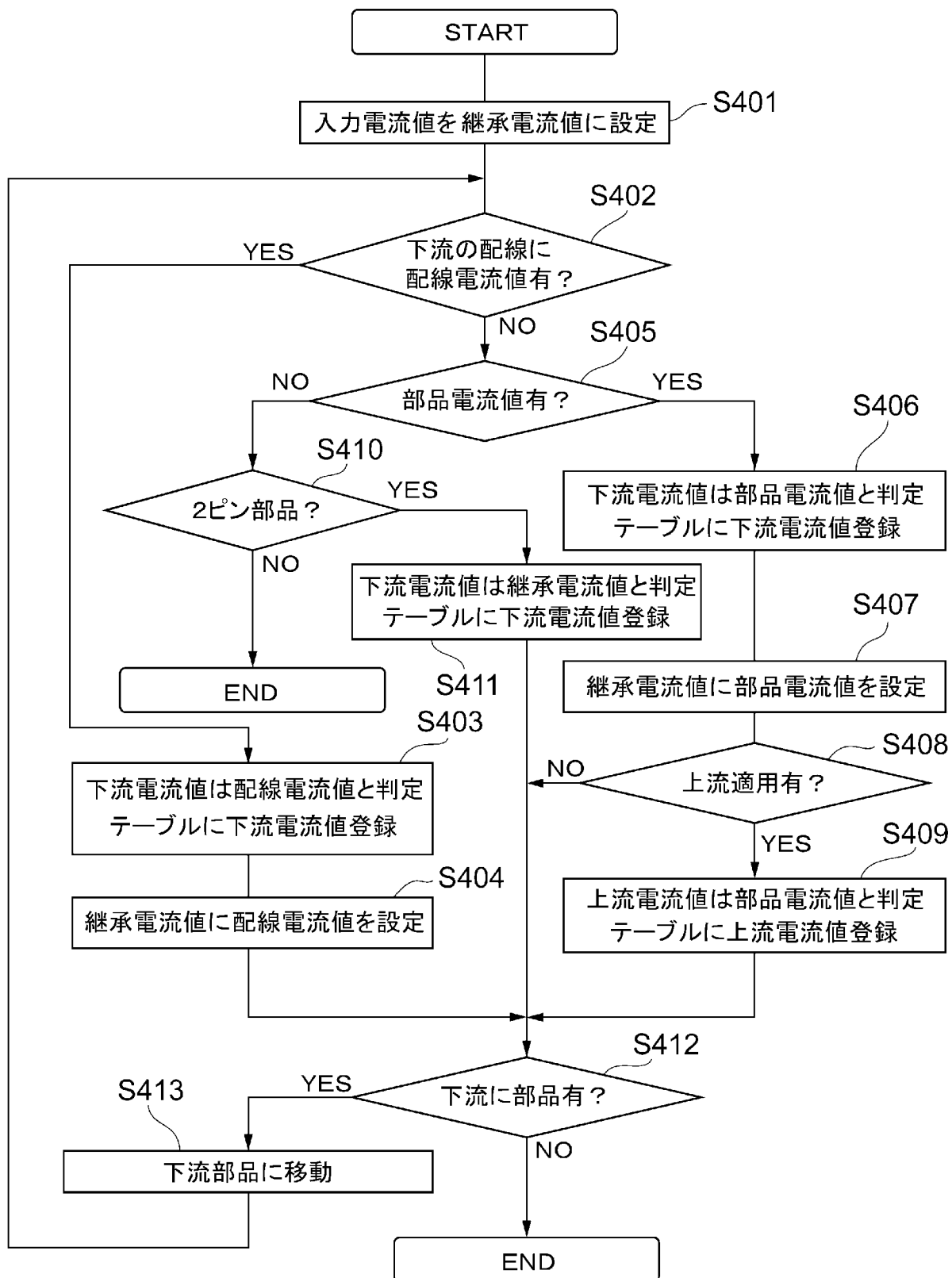
[図17]

図 1 7



[図18]

図 18



[図19]

図 1 9

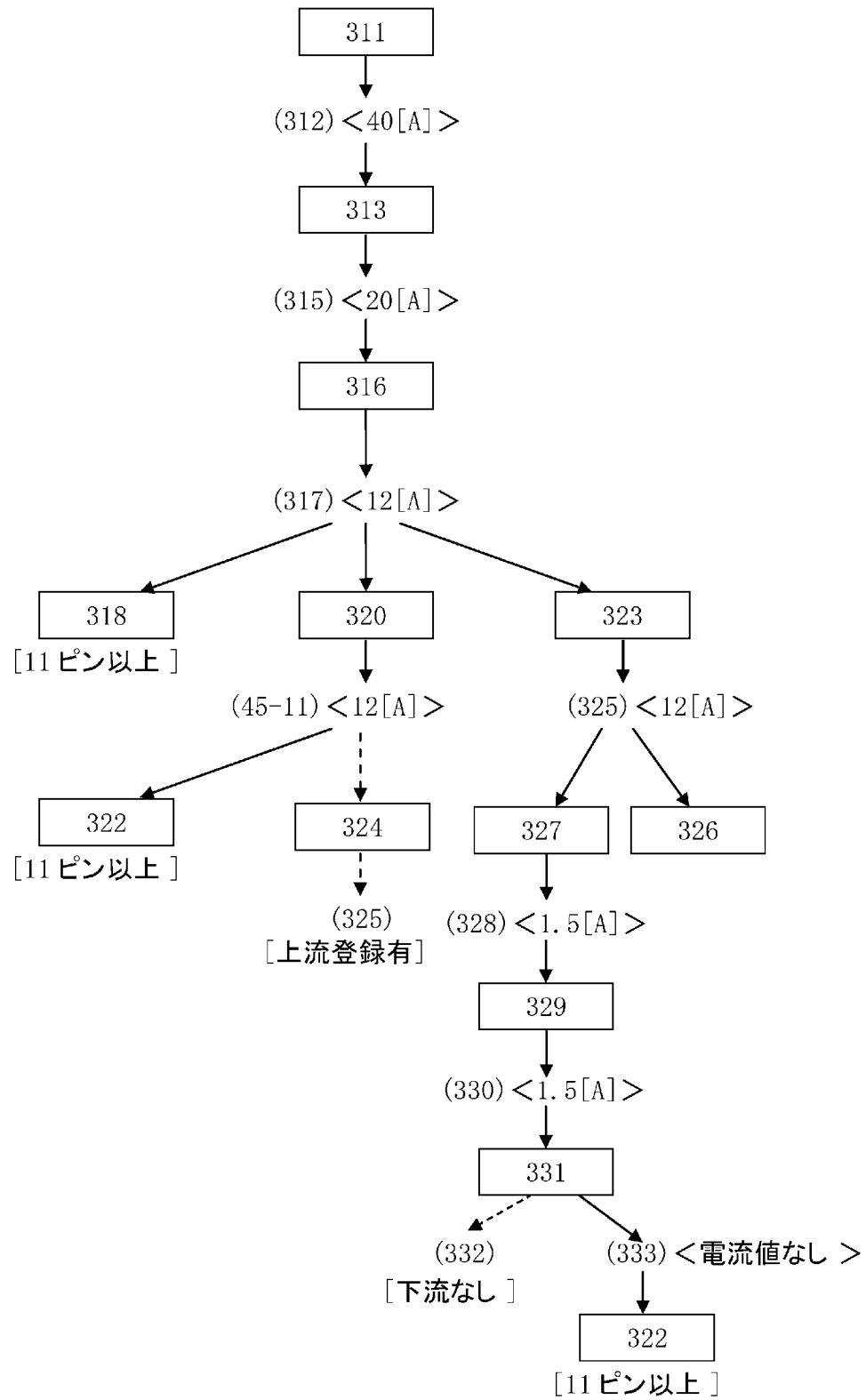
149

149A		149B			
部品／ 配線	経路情報				
部品	311				
配線	312<40[A]>				
部品	313				
配線	315<20[A]>				
部品	316				
配線	317<12[A]>				
部品	318	320		323	
配線		321<12[A]>		325<12[A]>	
部品		322	324	327	326
配線				328 <1.5[A]>	
部品				329	
配線				330 <1.5[A]>	
部品				331	
配線				332 [下流 なし]	333 <電流 値なし>
部品				322	

電流経路テーブル(定常電流)

[図20]

図 20



[図21]

図 2 1

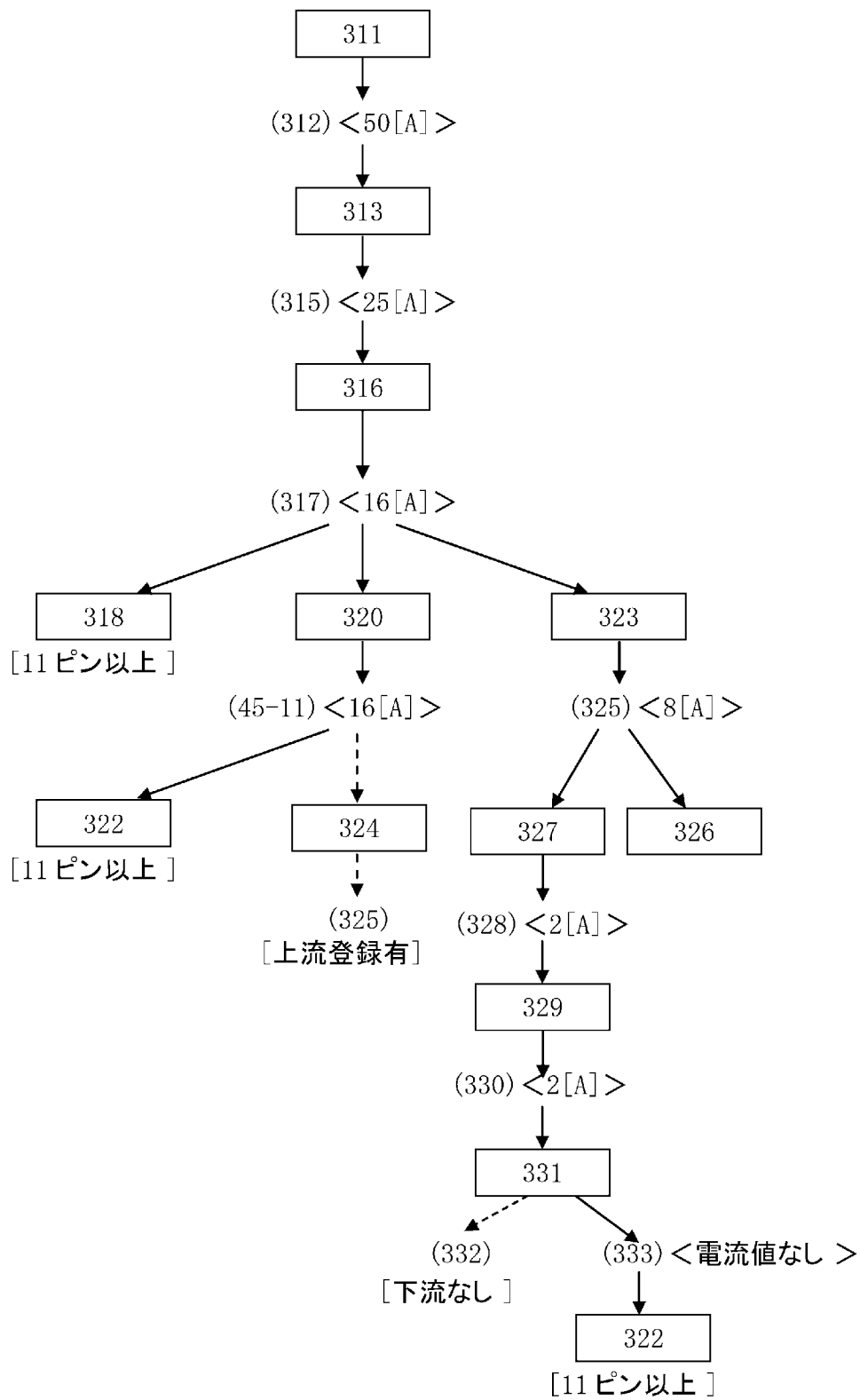
150

150A		150B			
部品／ 配線	経路情報				
部品	311				
配線	312<50[A]>				
部品	313				
配線	315<25[A]>				
部品	316				
配線	317<16[A]>				
部品	318	320		323	
配線		321<16[A]>		325<8[A]>	
部品		322	324	327	326
配線				328<2[A]>	
部品				329	
配線				330<2[A]>	
部品				331	
配線				332 [下流なし]	333 <電流値なし>
部品				322	

電流経路テーブル(異常電流)

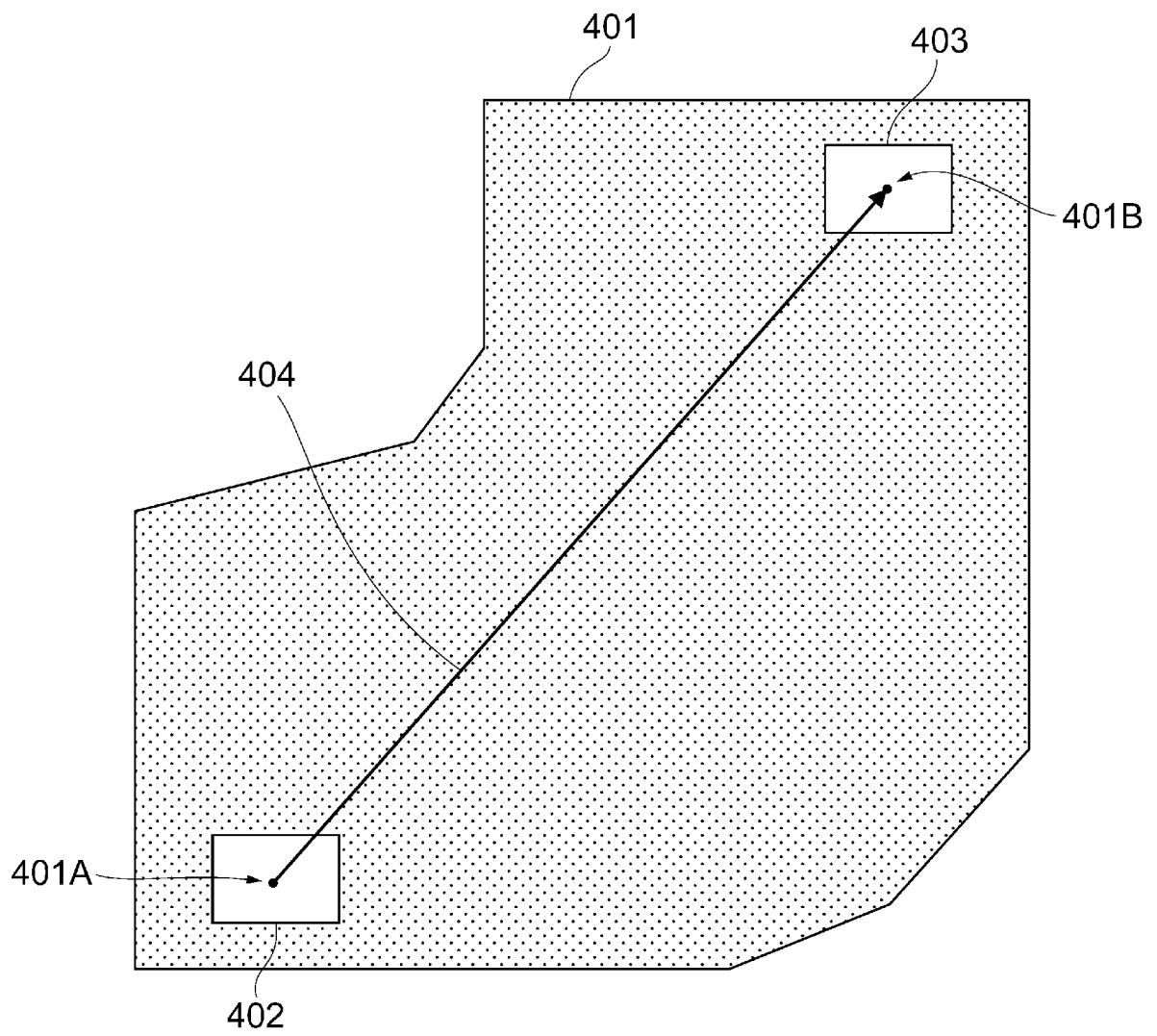
[図22]

図 2 2



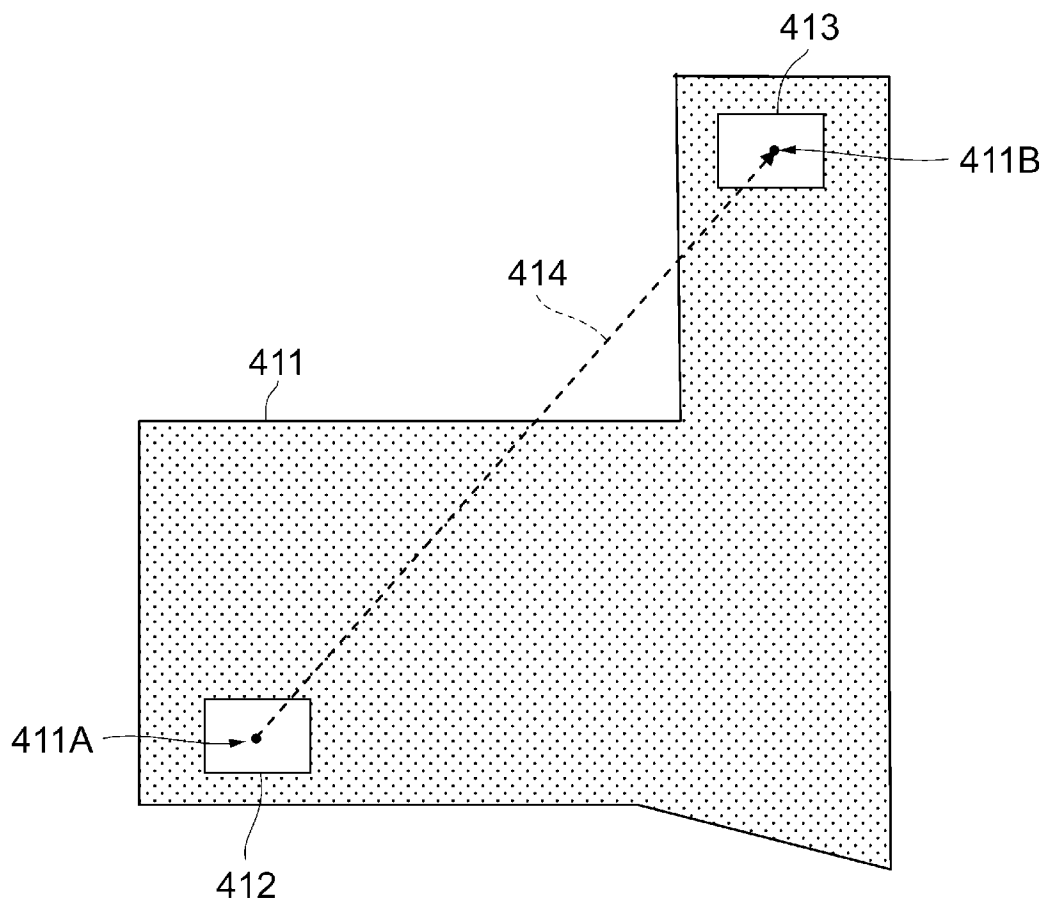
[図23]

図 23



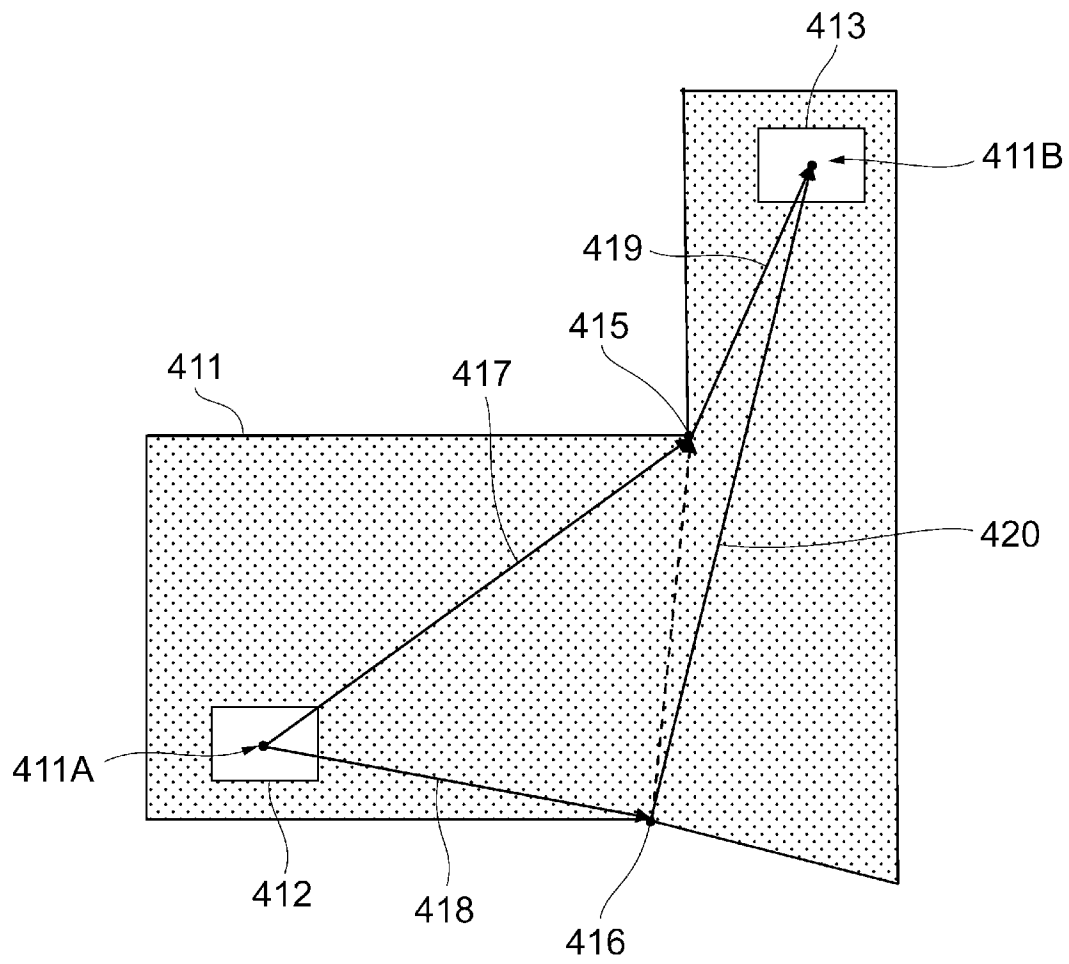
[図24]

図 2 4



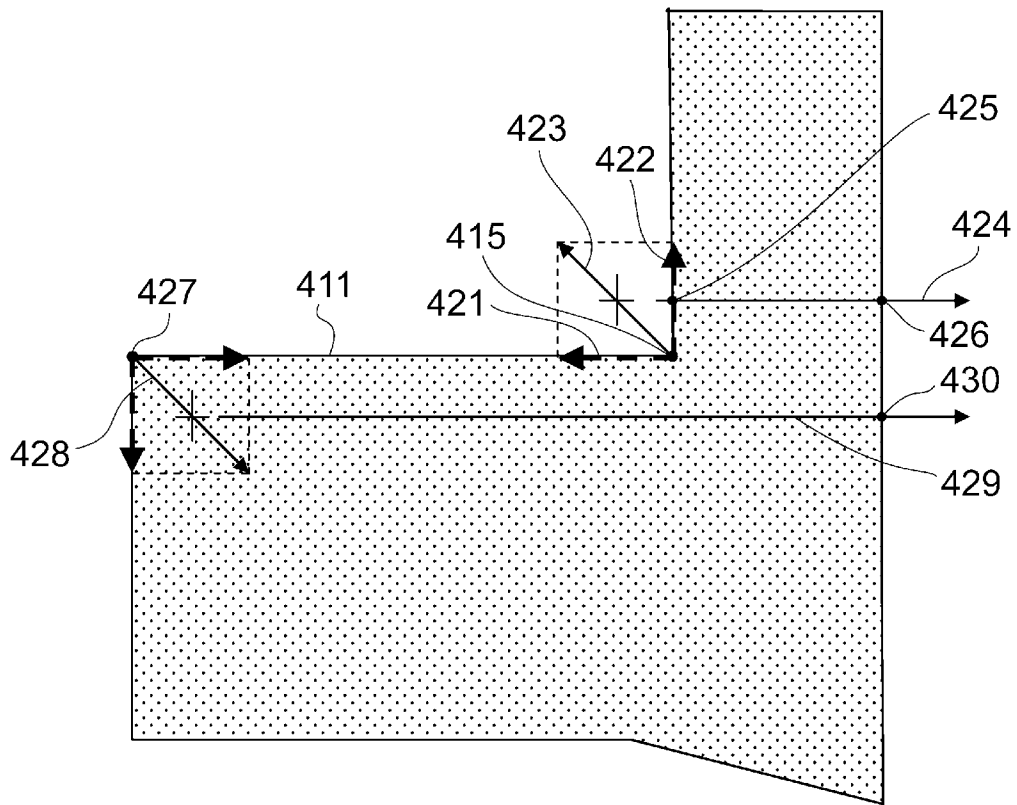
[図25]

図 25



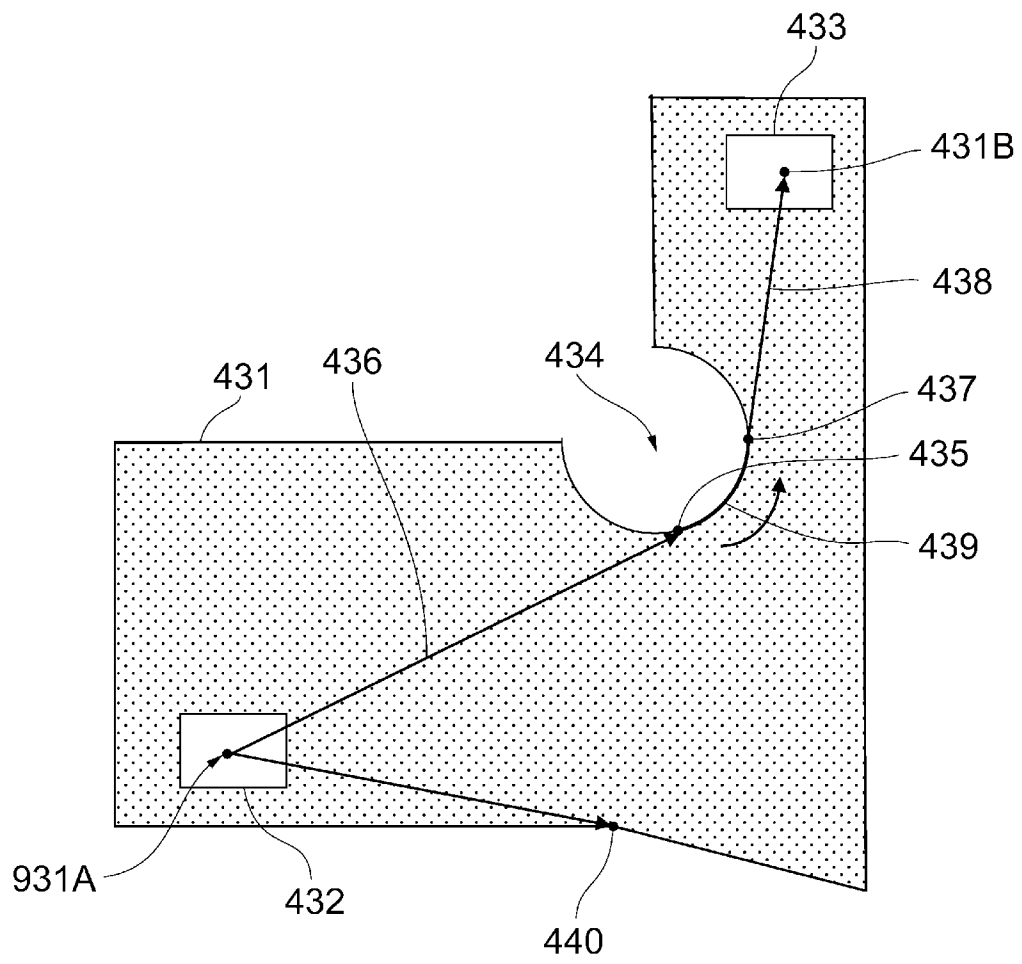
[図26]

図 26



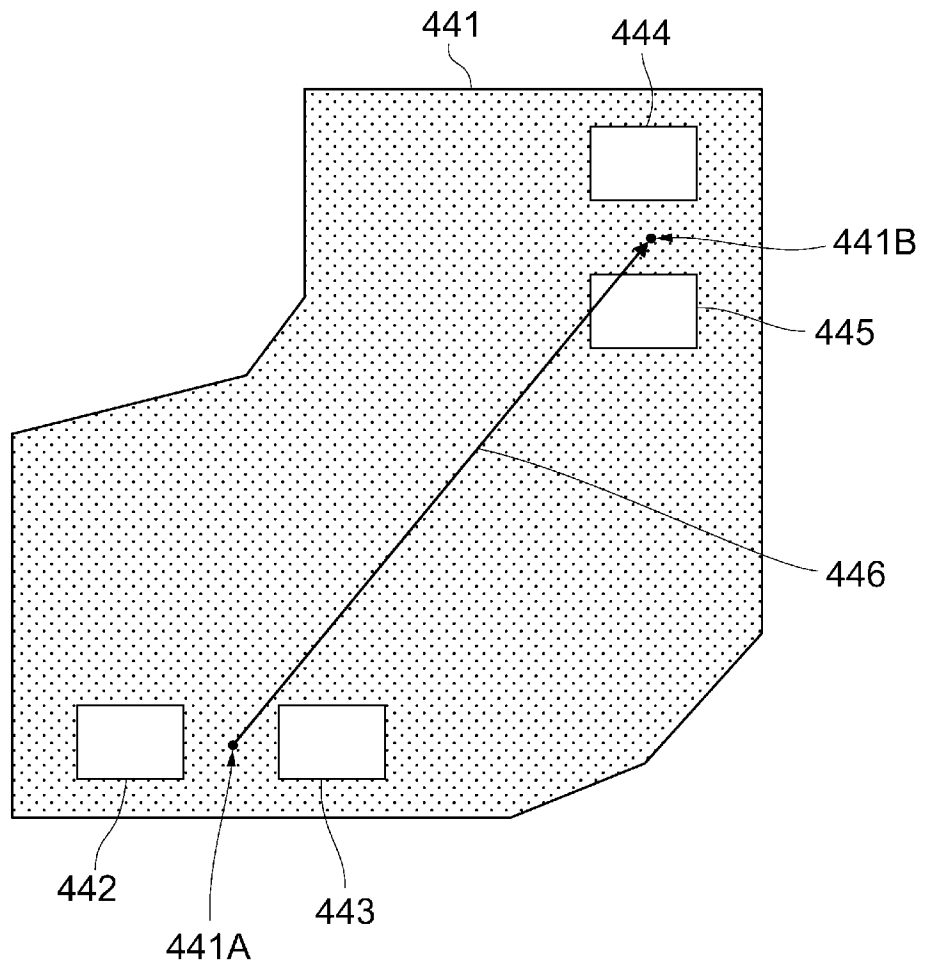
[図27]

図 27



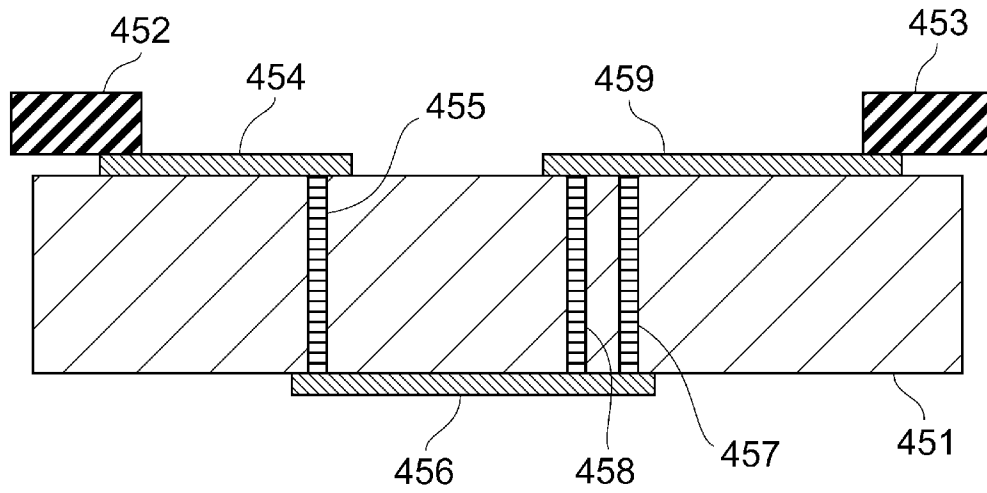
[図28]

図 28



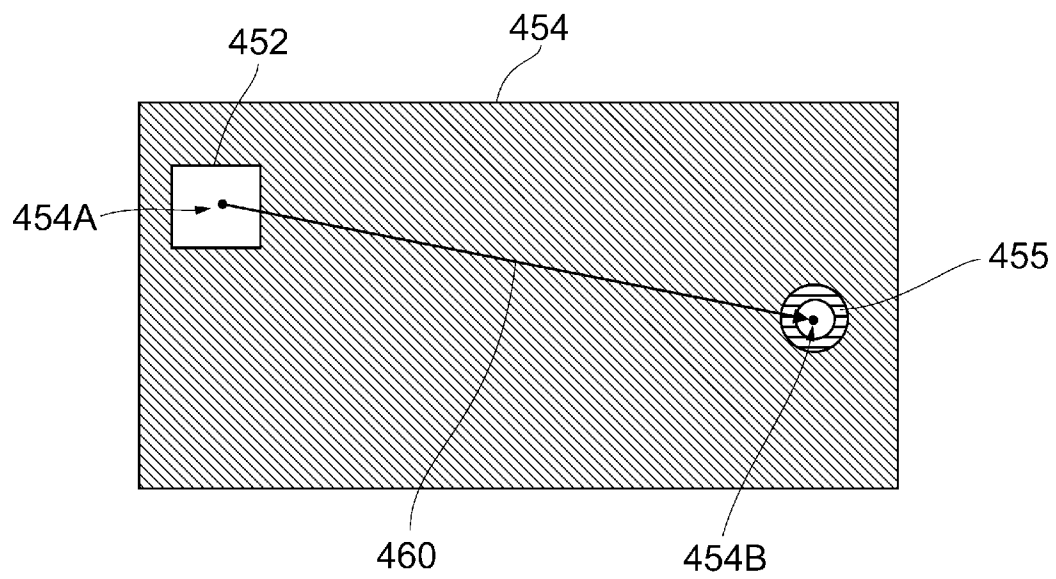
[図29]

図 29



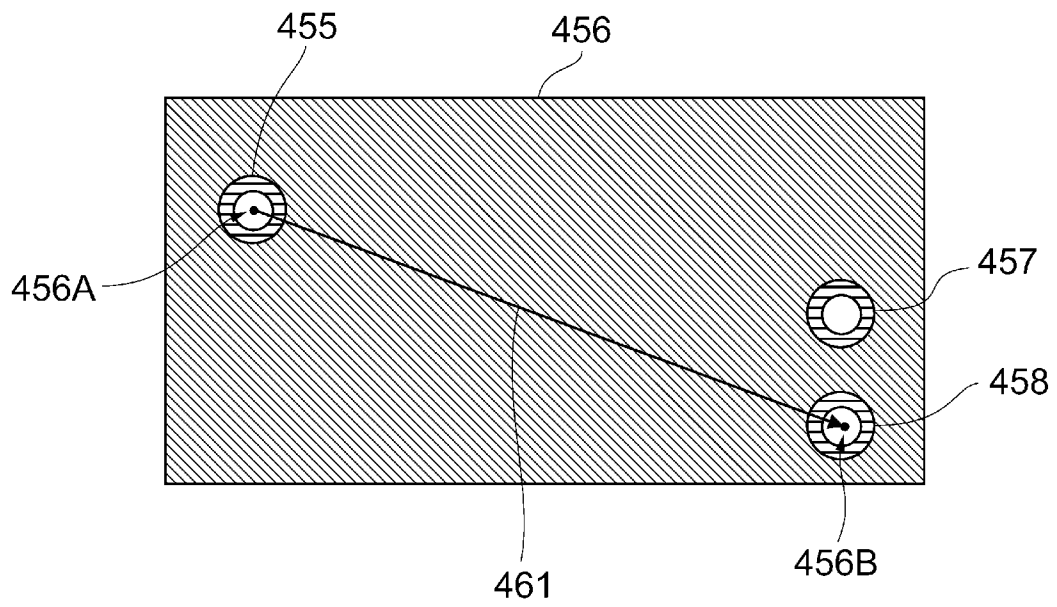
[図30]

図 30



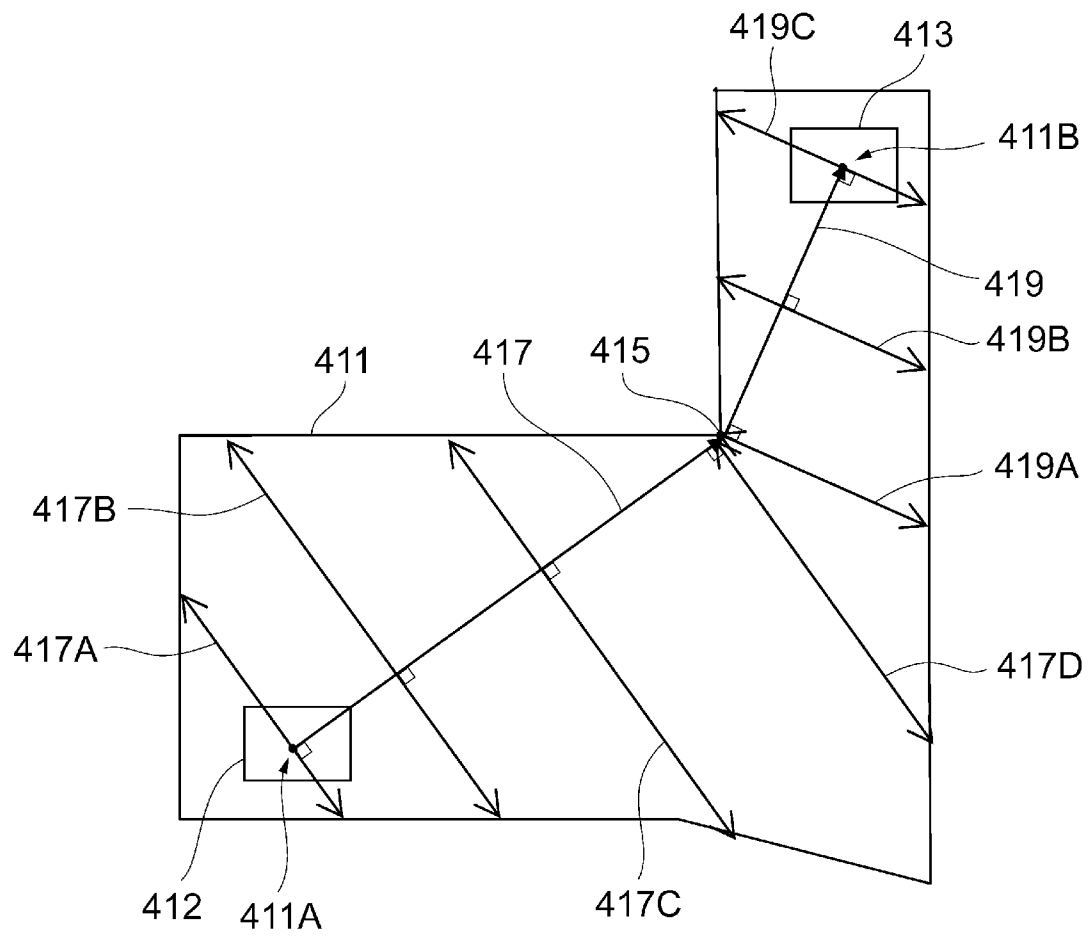
[図31]

図 3 1



[図32]

図 3 2



[図33]

図 3 3

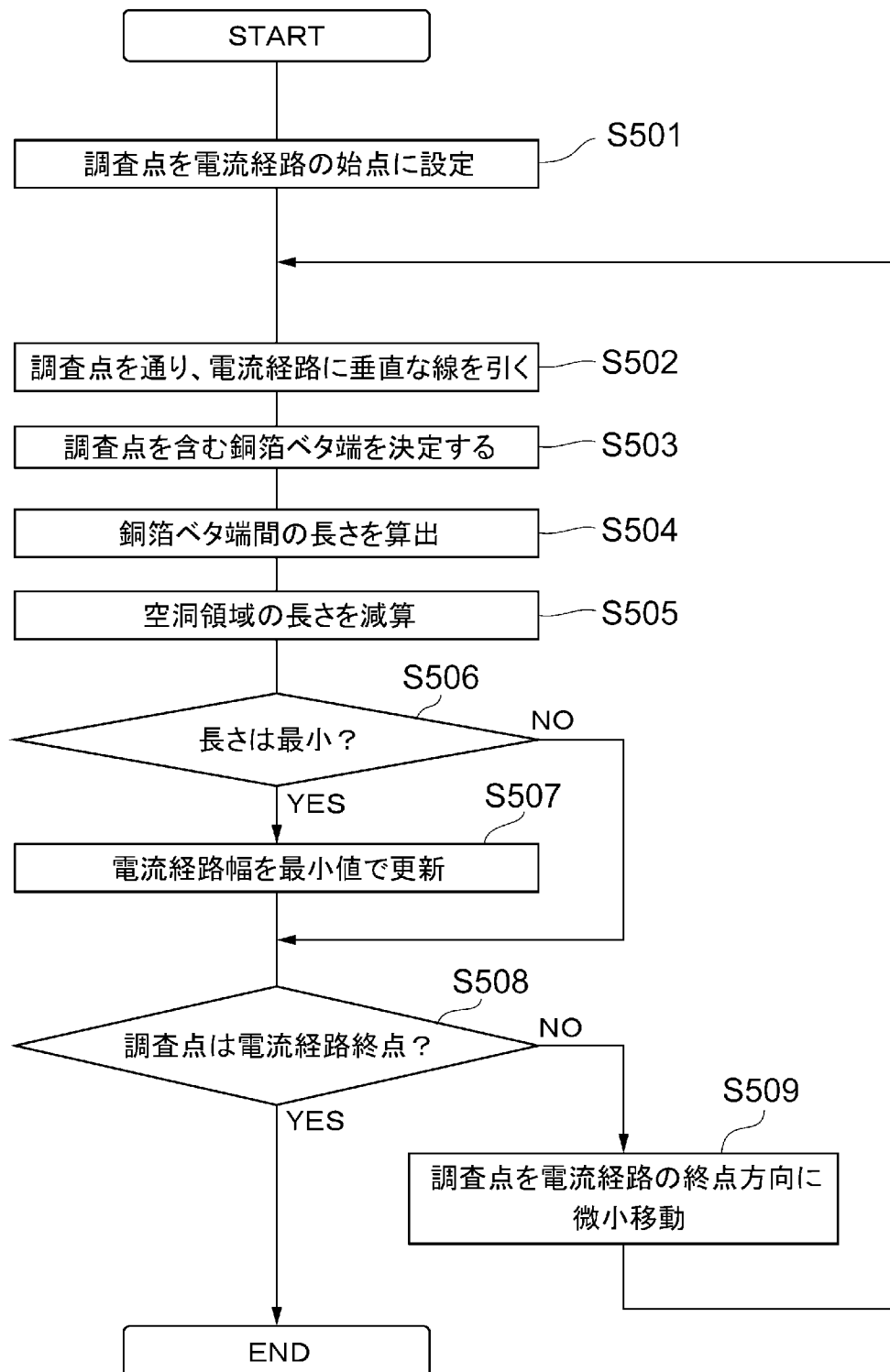
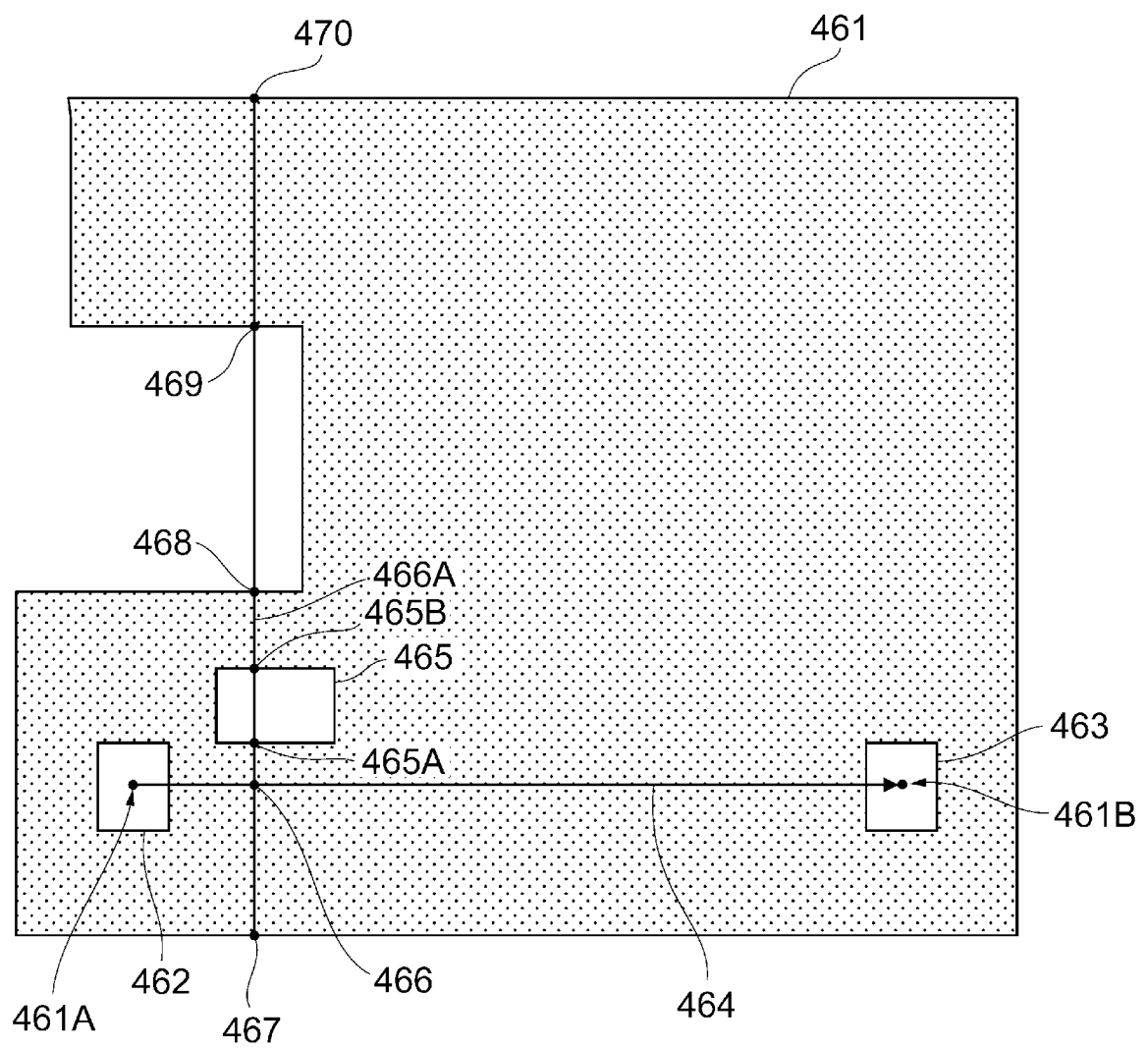
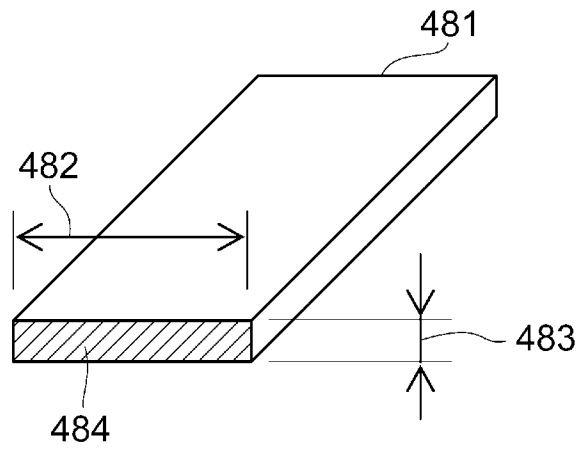


图 3 4



[図35]

図 3 5



[図36]

図 3 6

151

(a)

151A		151B		151C		151D	
No.	座標	定常電流密度 [A/mm ²]		異常電流密度 [A/mm ²]			
1	(300,177)	1.02		3.23			
2	(273,102)	0.48		3.41			
3	(539,14)	0.24		0.53			
:	:	:		:			

算出結果リスト

(b)

152A	152B
定常電流密度 [A/mm ²]	異常電流密度 [A/mm ²]
0.50	2.00

152

基準値リスト

[図37]

図 3 7

153

153A		153B		153C		153D	
No.	座標		定常電流密度 [A/mm ²]		異常電流密度 [A/mm ²]		
1	(300,177)		1.02		3.23		
2	(273,102)		OK		3.41		
:	:		:		:		

不合格箇所リスト

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/073502

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F17/50 (2006.01) i, H05K3/00 (2006.01) i

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)

G06F17/50, H05K3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore, CiNii, JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-293765 A (NEC Corp.), 11 November 1997 (11.11.1997), paragraphs [0028] to [0035]; fig. 2 & US 5995732 A	1-15
A	JP 5-198675 A (Fujitsu Ltd.), 06 August 1993 (06.08.1993), paragraphs [0011] to [0017] (Family: none)	1-15
A	JP 2000-35982 A (Mitsubishi Electric Corp.), 02 February 2000 (02.02.2000), paragraphs [0012] to [0016]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family 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 application or patent 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 combined 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

27 November, 2012 (27.11.12)

Date of mailing of the international search report

04 December, 2012 (04.12.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G06F17/50(2006.01)i, H05K3/00(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G06F17/50, H05K3/00			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） IEEE Xplore, CiNii, JSTPlus(JDreamII)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	JP 9-293765 A（日本電気株式会社） 1997.11.11, 段落【0028】-【0035】，第2図 & US 5995732 A	1-15	
A	JP 5-198675 A（富士通株式会社） 1993.08.06, 段落【0011】-【0017】 (ファミリーなし)	1-15	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 27. 11. 2012		国際調査報告の発送日 04. 12. 2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 早川 学 電話番号 03-3581-1101 内線 3599	5M 4689

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2000-35982 A (三菱電機株式会社) 2000.02.02, 段落【0012】 - 【0016】, 第 1-2 図 (ファミリーなし)	1-15