

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-3342

(P2017-3342A)

(43) 公開日 平成29年1月5日(2017.1.5)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>GO1K</b>	<b>7/01</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1K	7/01	C	2F056		
<b>HO2M</b>	<b>7/48</b>	<b>(2007.01)</b>	HO2M	7/48	M	5H770		
<b>HO2H</b>	<b>5/04</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2M	7/48	F			
			HO2H	5/04	E			

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2015-115540 (P2015-115540)  
 (22) 出願日 平成27年6月8日 (2015.6.8)

(71) 出願人 302062931  
 ルネサスエレクトロニクス株式会社  
 東京都江東区豊洲三丁目2番24号  
 (74) 代理人 110000350  
 ポレール特許業務法人  
 (72) 発明者 鶴丸 誠  
 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地  
 ルネサスエレクトロニクス株式会社内  
 Fターム(参考) 2F056 JT06  
 5H770 BA02 DA03 DA10 DA41 EA01  
 GA13 GA17 GA19 HA02X HA04X  
 HA06X HA07Z HA12X HA13X JA06X  
 LA02X LA04X PA21 QA04 QA06

(54) 【発明の名称】 半導体集積回路装置および電子装置

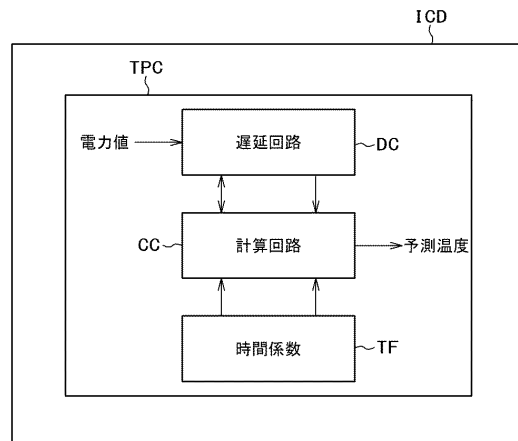
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】スイッチング素子の発熱部と温度検出器との間の熱伝播時間が原因の温度の検出遅れによるスイッチング素子の保護機能の不十分に対し、温度検出の遅れを低減する方法を提供する。

【解決手段】半導体集積回路装置は、スイッチングトランジスタを内蔵する電力用半導体装置の温度を予測する温度予測回路を備える。温度予測回路は、スイッチングトランジスタの定常損失とスイッチング損失に基づいて計算した電力値を特定回数分の履歴を残す遅延回路DCと、遅延回路DCの値と温度放熱特性に応じた時間係数TFに基づいて電力用半導体装置の温度予測値を計算する計算回路CCと、を備える。

【選択図】 図37

図37



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

半導体集積回路装置は、スイッチングトランジスタと温度検出用ダイオードとを内蔵する電力用半導体装置の温度を予測する温度予測計算回路を備え、

前記温度予測回路は、

前記スイッチングトランジスタの定常損失とスイッチング損失に基づいて計算した電力値を特定回数分の履歴を残す遅延回路と、

前記遅延回路の値と温度放熱特性に応じた時間係数に基づいて前記電力用半導体装置の予測温度を計算する計算回路と、

を備える。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 の半導体集積回路装置において、

前記定常損失は基本制御周期分の P W M 信号幅と前記スイッチングトランジスタの飽和電圧および駆動電流とに基づいて計算し、

スイッチング損失はスイッチング回数とターンオン損失とターンオフ損失とに基づいて計算する。

## 【請求項 3】

請求項 1 の半導体集積回路装置において、

前記時間係数は時間が経つにつれて減少する。

## 【請求項 4】

20

請求項 1 の半導体集積回路装置において、

前記計算回路は、

前記遅延回路の値と温度放熱特性に応じた時間係数をそれぞれ乗算する乗算器と、

前記乗算器の値を加算する第 1 の加算器と、

を備える。

## 【請求項 5】

請求項 1 の半導体集積回路装置において、

前記温度予測計算回路は前記計算回路の出力を熱容量で補正して予測温度を求める。

## 【請求項 6】

請求項 5 の半導体集積回路装置において、

30

前記温度予測計算回路は熱容量レジスタと第 2 の加算器とを備え、

前記第 2 の加算器は前記計算回路の出力から前記熱容量レジスタの値を減算する。

## 【請求項 7】

請求項 2 の半導体集積回路装置において、

前記温度予測計算回路は、

前記電力値を計算する電力値計算回路と、

前記予測温度に基づいて前記電力用半導体装置の異常温度を検出する温度判定回路と

、

を備える。

40

## 【請求項 8】

請求項 7 の半導体集積回路装置において、

前記電力計算回路は、

前記基本制御周期分の P W M 信号幅と前記飽和電圧と前記駆動電流と前記スイッチング回数と前記ターンオン損失と前記ターンオフ損失とを格納する電力計算用パラメータレジスタと、

前記基本制御周期分の P W M 信号幅と前記飽和電圧と前記駆動電流に基づいて 1 電源周期の定常損失を計算する第 1 の回路と、

前記スイッチング回数と前記ターンオン損失と前記ターンオフ損失に基づいて 1 電源周期のスイッチング損失を計算する第 2 の回路と、

前記第 1 の回路の出力と第 2 の回路の出力を加算する加算器と、

50

前記加算器の出力を格納する電力格納レジスタと、  
を備える。

【請求項 9】

請求項 5 の半導体集積回路装置において、  
前記温度予測計算回路は前記温度予測値に基づいて前記電力用半導体装置の異常温度を  
検出する温度判定回路を備え、

前記温度判定回路は、

前記予測温度の符号を判断する判断回路と、

前記予測温度と温度測定値を加算する加算器と、

前記判断回路の出力に基づいて前記温度測定値と前記加算器の出力とを選択するセレ  
クタと、

基準温度を格納する基準温度設定レジスタと、

前記セレクタの出力と前記設定レジスタの出力を比較する比較器と、  
を備える。

【請求項 10】

請求項 7 の半導体集積回路装置において、さらに、

前記スイッチングトランジスタを駆動するゲート回路と、

前記温度検出用ダイオードに基づいて温度を検出する温度検出回路と、  
を備える。

【請求項 11】

請求項 10 の半導体集積回路装置において、  
前記温度検出回路は異常温度を検出した場合、前記ゲート回路の出力を抑制または停止  
する。

【請求項 12】

請求項 2 の半導体集積回路装置において、さらに

C P U と、

前記スイッチングトランジスタを駆動するための P W M 信号を生成する P W M 回路と、  
を備える。

【請求項 13】

請求項 12 の半導体集積回路装置において、

前記 C P U は前記電力値を計算し、前記予測温度に基づいて前記電力用半導体装置の異  
常温度を検出する。

【請求項 14】

請求項 13 の半導体集積回路装置において、さらに、

P W M 基底テーブルとスイッチングトランジスタの特性データを格納する記憶装置を備  
え、

前記 C P U は、電流指令値と駆動電流測定値とモータの角速度および位置とに基づいて  
前記 P W M 基底テーブルから P W M パターンを生成し、前記 P W M パターンから前記 P W  
M 信号幅とスイッチング回数とを取得し、前記特性データから前記飽和電圧と前記ターン  
オン損失と前記ターンオフ損失とを取得し、前記電力値を計算する。

【請求項 15】

請求項 14 の半導体集積回路装置において、

前記 C P U は、温度測定値を取得し、前記温度測定値と前記特性データとに基づいて前  
記飽和電圧と前記ターンオン損失と前記ターンオフ損失とを補正する。

【請求項 16】

電子装置は、

電力用半導体装置と、

前記電力用半導体装置を駆動する第 1 の半導体集積回路装置と、

前記第 1 の半導体集積回路装置を制御する第 2 の半導体集積回路装置と、  
を備え、

10

20

30

40

50

前記電力用半導体装置は、  
 スイッチングトランジスタと、  
 温度検出用ダイオードと、  
 を備え、

前記第 1 の半導体集積回路装置は、  
 前記スイッチングトランジスタを駆動するゲート回路と、  
 前記温度検出用ダイオードに基づいて温度を検出する温度検出回路と、  
 前記電力用半導体装置の温度を予測する温度予測計算回路と、  
 を備え、

前記第 2 の半導体集積回路装置は、  
 基本制御周期分の P W M 信号幅とスイッチング回数と前記スイッチングトランジスタ  
 の飽和電圧、ターンオン損失、ターンオフ損失および駆動電流を含むパラメータを前記温  
 度予測計算回路に出力する制御部と、  
 前記スイッチングトランジスタの飽和電圧、ターンオン損失、ターンオフ損失および  
 駆動電流の特性データを格納する記憶部と、  
 を備え、

前記温度予測回路は、  
 前記パラメータに基づいて電力値を計算する電力計算回路と、  
 前記電力値を特定回数分の履歴を残す熱遅延回路と、前記遅延回路の値と温度放熱特  
 性に応じた時間係数に基づいて前記電力用半導体装置の予測温度を計算する計算回路と、  
 前記予測温度に基づいて異常温度を判定する温度判定回路と、  
 を備える。

【請求項 17】

請求項 16 の電子装置において、  
 前記温度判定回路が異常温度と判定する場合、前記制御部は前記ゲート回路を抑制し、  
 または停止する。

【請求項 18】

請求項 16 の電子装置において、  
 前記制御部は、前記温度検出回路から温度測定値を取得し、前記温度測定値と前記特性  
 データとに基づいて前記飽和電圧と前記ターンオン損失と前記ターンオフ損失とを補正す  
 る。

【請求項 19】

電子装置は、  
 電力用半導体装置と、  
 前記電力用半導体装置を駆動する第 1 の半導体集積回路装置と、  
 前記第 1 の半導体集積回路装置を制御する第 2 の半導体集積回路装置と、  
 を備え、

前記電力用半導体装置は、  
 スイッチングトランジスタと、  
 温度検出用ダイオードと、  
 を備え、

前記第 1 の半導体集積回路装置は、  
 前記スイッチングトランジスタを駆動するゲート回路と、  
 前記温度検出用ダイオードに基づいて温度を検出する温度検出回路と、  
 を備え、

前記第 2 の半導体集積回路装置は、  
 基本制御周期分の P W M 信号幅とスイッチング回数と前記スイッチングトランジスタ  
 の飽和電圧、ターンオン損失、ターンオフ損失および駆動電流を含むパラメータに基づい  
 て前記電力用半導体装置の電力値を計算する制御部と、  
 前記スイッチングトランジスタの飽和電圧、ターンオン損失、ターンオフ損失および

10

20

30

40

50

駆動電流の特性データを格納する記憶回路と、

前記電力用半導体装置の温度を予測する温度予測計算回路と、

を備え、

前記温度予測回路は、

前記電力値を特定回数分の履歴を残す熱遅延回路と、

前記遅延回路の値と温度放熱特性に応じた時間係数に基づいて前記電力用半導体装置の予測温度を計算する計算回路と、

を備え、

前記制御部は前記予測温度に基づいて異常温度を判定する。

【請求項 20】

10

請求項 19 の電子装置において、

前記制御部は、前記温度検出回路から温度測定値を取得し、前記温度測定値と前記特性データとに基づいて前記飽和電圧と前記ターンオン損失と前記ターンオフ損失とを補正する。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は半導体集積回路装置に関し、例えば電力用半導体装置の温度予測に適用することが可能である。

【背景技術】

20

【0002】

インバータ等の電力変換装置のスイッチング素子として電力用半導体装置である絶縁ゲートバイポーラトランジスタ (IGBT) が用いられる。IGBT チップには温度検出用ダイオードが内蔵され、IGBT の異常温度の検出に使用されている。

本開示に関連する先行技術文献としては、例えば、特開 2011-97812 号公報がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2011-97812 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

スイッチング素子の発熱部と温度検出器との間の熱伝播時間が原因で、温度検出が遅れ、スイッチング素子の保護機能が不十分となる。

その他の課題と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0005】

40

本開示のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

すなわち、半導体集積回路装置は、スイッチングトランジスタを内蔵する電力用半導体装置の温度を予測する温度予測回路を備える。温度予測回路は、スイッチングトランジスタの定常損失とスイッチング損失に基づいて計算した電力値を特定回数分の履歴を残す遅延回路と、遅延回路の値と温度放熱特性に応じた時間係数に基づいて電力用半導体装置の温度予測値を計算する回路と、を備える。

【発明の効果】

【0006】

上記半導体集積回路装置によれば、温度検出の遅れを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

50

- 【図 1】実施例 1 に係る電動機システムを説明するためのブロック図である。
- 【図 2】実施例 1 に係る電子装置を説明するためのブロック図である。
- 【図 3】実施例 1 に係る温度予測計算回路を説明するためのブロック図である。
- 【図 4】実施例 1 に係る電力計算回路を説明するためのブロック図である。
- 【図 5】実施例 1 に係る熱履歴回路を説明するためのブロック図である。
- 【図 6】実施例 1 に係る温度判定回路を説明するためのブロック図である。
- 【図 7】電力用半導体装置の構造を説明するための側面図である。
- 【図 8】電力用半導体装置の熱発生等価モデルを説明するための図である。
- 【図 9】IGBT のスイッチング動作を説明するための図である。
- 【図 10】IGBT のドライブ信号を説明するための図である。 10
- 【図 11】1 電源周期における PWM 制御とモータ電流の関係を説明するためのタイミング図である。
- 【図 12】IGBT の飽和電圧 - 駆動電流特性を説明するための図である。
- 【図 13】IGBT の駆動電流 - ターンオン損失特性を説明するための図である。
- 【図 14】IGBT の駆動電流 - ターンオフ損失特性を説明するための図である。
- 【図 15】温度予測計算回路の動作を説明するためのタイミング図である。
- 【図 16】温度予測計算回路の動作を説明するためのタイミング図である。
- 【図 17】IGBT の温度上昇特性を説明するための図である。
- 【図 18】IGBT の温度下降特性を説明するための図である。
- 【図 19】IGBT のゲート信号のデューティと温度特性を説明するための図である。 20
- 【図 20】IGBT のゲート信号のデューティと温度特性を説明するための図である。
- 【図 21】IGBT のゲート信号のデューティと温度特性を説明するための図である。
- 【図 22】IGBT のゲート信号のキャリア周期と温度特性を説明するための図である。
- 【図 23】IGBT のゲート信号のキャリア周期と温度特性を説明するための図である。
- 【図 24】IGBT のゲート信号のキャリア周期と温度特性を説明するための図である。
- 【図 25】温度予測計算回路の初期設定方法を説明するためのフロー図である。
- 【図 26】温度予測計算回路への電力パラメータの設定方法を説明するためのフロー図である。
- 【図 27】温度予測計算回路の各種係数導出処理を説明するためのフロー図である。
- 【図 28】モータ制御異常監視処理を説明するためのフロー図である。 30
- 【図 29】モータ制御異常監視処理を説明するためのフロー図である。
- 【図 30】実施例 2 に係る電動機システムを説明するためのブロック図である。
- 【図 31】実施例 2 に係る電子装置を説明するためのブロック図である。
- 【図 32】実施例 2 に係る温度予測計算回路を説明するためのブロック図である。
- 【図 33】温度検出用ダイオードの温度測定遅れを説明するための平面図である。
- 【図 34】温度検出用ダイオードの温度測定遅れを説明するための平面図である。
- 【図 35】温度検出用ダイオードの温度測定遅れを説明するためのグラフである。
- 【図 36】温度検出用ダイオードの温度測定遅れを説明するためのグラフである。
- 【図 37】実施形態に係る半導体集積回路装置を説明するためのブロック図である。
- 【発明を実施するための形態】 40
- 【0008】
- 以下、実施形態および実施例について、図面を用いて説明する。ただし、以下の説明において、同一構成要素には同一符号を付し繰り返しの説明を省略することがある。
- 【0009】
- 電動機（モータ）は、内燃機関（ガソリンエンジン）と組み合わせたハイブリッド自動車（HEV）または電気自動車（EV）等の動力源として用いられる。電動機を駆動する際、所定のトルク、電源周波数を得るのに直流 - 交流変換を行う電力変換装置（インバータ）が用いられる。自動車の走行環境によってインバータの運転温度が大きく変動し、特にエンジンルームにインバータを搭載した HEV においては、エンジンの発熱の影響でインバータは高温になる。インバータ内のスイッチング素子は、このような周囲温度に加え 50

て、スイッチング素子自身の電流が流れることによる定常損失、オン・オフによるスイッチング損失の影響で温度が上昇し、ある温度を超えると破壊に至る虞がある。

【 0 0 1 0 】

インバータ内にはスイッチング素子の他にスイッチング素子を駆動する駆動回路および駆動回路を制御する制御回路が用いられる。駆動回路はスイッチング素子を駆動するゲート回路の他にスイッチング素子を高温等による破壊から保護するために過電流保護および過熱保護機能を有する。スイッチング素子は半導体チップで構成され、例えばこの半導体チップには I G B T で構成されるスイッチングトランジスタと温度検出用のダイオードとが内蔵される。駆動回路内の電流源から電流を流し、温度検出用のダイオードの電流 - 温度特性（温度が高くなると、同一の電流値に対する順方向電圧（V<sub>F</sub>）が低くなる特性）を利用して、スイッチング素子のチップの温度が基準電圧に対応する温度以上か否かを駆動回路内のコンパレータにて判断する。そして、温度検出用のダイオードによる検出温度が設定値以上になった場合には、制御回路にアラーム信号を出力すると共に、ゲート回路にも信号を出力してスイッチング素子を強制的に遮断する。なお、アラーム信号が出力された場合には、制御回路でも装置の強制停止を行う。

10

【 0 0 1 1 】

スイッチング素子の発熱部と温度検出器との間の熱伝播時間が原因で、異常温度の検出が遅れることの一例について説明する。I G B T で構成されるスイッチングトランジスタと温度検出用ダイオードとを一つの半導体基板上に備えたものを I G B T チップという。

【 0 0 1 2 】

図 3 3 は温度検出用ダイオードをチップ中央に配置した I G B T チップの平面図である。図 3 3 の I G B T チップ 2 1 A は温度検出用ダイオード D 1 をチップ中央に配置している。温度検出用ダイオード D 1 は端子 T E 1 , T E 2 に接続され、端子 T E 1 は駆動回路に接続され、端子 T E 2 は接地電位に接続される。なお、端子 T E 3 は電流センス用エミッタ端子である。

20

【 0 0 1 3 】

図 3 4 は温度検出用ダイオードをチップ端に配置した I G B T チップの平面図である。図 3 4 の I G B T チップ 2 1 B は温度検出用ダイオード D 1 をチップ端に配置している。温度検出用ダイオード D 1 は端子 T E 1 , T E 2 に接続され、端子 T E 1 は駆動回路に接続され、端子 T E 2 は接地電位に接続される。なお、端子 T E 3 は電流センス用エミッタ端子である。

30

【 0 0 1 4 】

図 3 5 は熱抵抗と動作時間との関係を示すグラフであり、実線 C はチップ単体の熱抵抗を示し、破線 A , B は温度検出用ダイオードの特性変化から換算した熱抵抗を示す。図 3 6 は温度と動作時間との関係を示すグラフであり、実線 C はチップ単体の温度（100 に固定した場合）を示し、破線 A , B は温度検出用ダイオードの特性変化から換算した温度を示す。温度検出用ダイオード D 1 を I G B T チップ 2 1 A のチップ中央に配置した場合、図 3 5 および図 3 6 の破線 A に示すように応答時間は 100 m s であるのに対して、温度検出用ダイオード D 1 をチップ端に配置した場合、図 3 5 および図 3 6 の B に示すように応答時間は 10 s 程度の遅れとなる。このように、スイッチング素子の発熱部と温度検出器との間の熱伝播時間が大きく温度検出が遅れる場合、温度測定による遮断制御を実行するものの、応答時間の遅れから、スイッチング素子の許容動作温度を超える可能性が高まることになる。または、応答時間を考慮して、マージンを持った遮断設定値となってしまうため、スイッチング素子の許容動作温度が狭くなる。

40

【 0 0 1 5 】

< 実施形態 >

図 3 7 は実施形態に係る半導体集積回路装置を示すブロック図である。図 3 7 の半導体集積回路装置 I C D は、スイッチングトランジスタと温度検出用ダイオードとを内蔵する電力用半導体装置の温度を予測する温度予測回路 T P C を備える。温度予測回路 T P C は、スイッチングトランジスタの定常損失とスイッチング損失に基づいて計算した電力値を

50

特定回数分の履歴を残す遅延回路DCと、遅延回路DCの値と温度放熱特性に応じた時間係数TFに基づいて電力用半導体装置の温度予測値を計算する回路CCと、を備える。

【0016】

半導体集積回路ICDは電力用半導体装置の温度を予測することができるので、電力用半導体装置の温度検出の遅れを低減することが可能となる。

【実施例1】

【0017】

(電動機システム)

図1は実施例1に係る電動機システムの構成を示すブロック図である。図1の電動機システム1は3相モータ10と電力用半導体装置を6個用いたパワーモジュール20と6個のドライバIC30と制御回路40と直流電源50とを備える。パワーモジュール20、6個のドライバIC30および制御回路40で構成される部分を電子装置2という。パワーモジュール20は、車両等の駆動時には直流電源50の電圧から、3相モータ10の各相に電流を流すように、パワーモジュール20内部のスイッチングトランジスタ22をON/OFF制御し、このスイッチングの周波数により車両等の速度を変化させる。また、車両等の制動時には、3相モータ10の各相に生じる電圧に同期してスイッチングトランジスタ22をON/OFF制御し、いわゆる整流動作を行い、直流電圧に変換して回生を行う。

10

【0018】

3相モータ10は回転子が永久磁石で、電機子がコイルで構成され、3相(U相、V相、W相)の電機子巻き線は120度間隔に配置される。コイルはデルタ結線され、常にU相、V相、W相の3つのコイルに電流が流れる。3相モータ10は電流検出器11と角速度および位置検出器12を備える。

20

【0019】

パワーモジュール20は、電力用半導体装置によりU相、V相、W相のブリッジ回路を構成している。U相のブリッジ回路は電力用半導体装置21Uと電力用半導体装置21Xの接続点が3相モータ10に接続されている。V相のブリッジ回路は電力用半導体装置21Vと電力用半導体装置21Yの接続点が3相モータ10に接続されている。W相のブリッジ回路は電力用半導体装置21Wと電力用半導体装置21Zの接続点が3相モータ10に接続されている。ここで、電力用半導体装置21U、21V、21W、21X、21Y、21Zの構成は同じであるので、これらを総称して電力用半導体装置21ということもある。電力用半導体装置21はIGBTで構成されるスイッチングトランジスタ(以下、IGBTという。)22および温度検出用ダイオードD1を備えた半導体チップと、IGBT22のエミッタとコレクタ間に並列に接続された還流ダイオードD2を備えた半導体チップとで構成される。還流ダイオードD2は、IGBT22に流れる電流とは逆方向で電流を流すように接続されている。IGBT22と温度検出用ダイオードD1とが形成される半導体チップと還流ダイオードD2が形成される半導体チップとは同一のパッケージに封入するのが好ましい。還流ダイオードD1はIGBT22と温度検出用ダイオードD1とが形成された半導体チップと同一チップに形成されてもよい。

30

【0020】

第1の半導体集積回路装置であるドライバIC30はIGBT22のゲートを駆動する信号を生成するゲート回路31と温度検出回路32と温度予測計算回路33とを1つの半導体基板に備える。第2の半導体集積回路装置である制御回路40はCPU41とPWM回路42とI/Oインタフェース(I/OIF)43とを1つの半導体基板に備え、例えばマイクロコンピュータユニット(MCU)で構成される。

40

【0021】

(ドライバIC、制御回路)

図2は実施例1に係る電動機システムの一部である電子装置を示すブロック図である。CPU41内のモータ制御部411は、電流(トルク)指令値と現在の電流(トルク)測定値と比較して、モータの角速度(回転数)とロータの位置に応じて、PWM信号のデュ

50

ーティ比や回転数に応じた周期（1電源周期、1電源周波数の逆数）を計算して、PWM回路42でPWM信号を生成する。PWM信号は、ドライバIC30のゲート回路31を經由して、電力用半導体装置21のIGBT22のON/OFF制御を行う。図示しないアクセル装置等からの電流指令値（トルク指令値）、電流検出器11からの現在の電流測定値（トルク測定値）、角速度位置検出器12からのモータの角速度（回転数）およびロータの位置はI/Oインタフェース44を介して（アナログ信号はA/D変換器を介して）CPU41に入力される。モータ制御部411はCPU41が実行するソフトウェアで構成される。

【0022】

また、モータ制御部411はPWM信号生成と並行して温度予測回路33に対して、PWM信号のオン幅時間、駆動設定電流、PWM信号のスイッチング回数などの電力パラメータ等をI/Oインタフェース43を介して温度予測計算回路に出力する。

10

【0023】

温度予測計算回路33は、モータ制御部411からの電力パラメータに基づく電力用半導体装置21での電力値から温度予測値を計算し、異常温度の予測結果（温度予測判定）をI/Oインタフェース43を介してCPU41に通知する。モータ制御部411がゲート回路31に対するPWM信号を制御し、IGBT22のドライブ信号の抑制や停止を行うことで、電力用半導体装置21の異常温度動作を防ぐことができる。

【0024】

記憶装置45に格納されるPWM基底テーブル451には、PWM信号の1電源周期の基本パターンや電力用半導体装置21の放熱係数を算定するためのPWMパターンが含まれる。また、記憶装置45に格納されるIGBT特性データ452には、IGBTの飽和電圧-駆動電流の温度特性や駆動電流スイッチング損失の温度特性が含まれる。記憶装置45はフラッシュメモリ等の電氣的に書き換えが可能な不揮発性メモリで構成するのが好ましい。また、CPU41が実行するプログラムはフラッシュメモリ等の電氣的に書き換えが可能な不揮発性メモリに格納するのが好ましく、記憶装置45に格納するようにしてもよい。

20

【0025】

ドライバIC30の温度検出回路32は温度検出用ダイオードD1のVFを検出し、電力用半導体装置21の温度を高速に測定して、温度予測計算回路33やI/Oインタフェース43を介してCPU41に通知する。また、温度検出回路32は電力用半導体装置21の温度が所定温度（ジャンクション温度などのデバイスが破壊する温度）を超えるような高熱になった場合、IGBT22をOFFするような遮断処理を行うようにゲート回路31に対して信号を出力する。温度検出回路32はコンパレータや三角波発生回路等で構成されるA/D変換器等を備える。

30

【0026】

なお、ドライバIC30と制御回路40との間を伝送する信号は、ドライバIC30に内蔵される図示していないアイソレータの磁気結合によって伝達される。このアイソレータは配線で形成されたオンチップトランスを層間膜で絶縁することにより構成される。

【0027】

40

（温度予測回路）

図3は実施例1に係る温度予測計算回路を示すブロック図である。図3の温度予測計算回路33は、電力パラメータに基づいて発生電力（ $P_d$ ）を計算する電力計算回路331と、発生電力（ $P_d$ ）と熱容量に基づいて予測温度（ $T_p$ ）を計算する熱履歴回路332と、予測温度（ $T_p$ ）、温度測定値（ $T_m$ ）および基準温度（ $T$ ）に基づいて判定する温度判定回路333と、を備える。

【0028】

（a）電力計算回路

図4は実施例1に係る電力計算回路を示すブロック図である。図4の電力計算回路331は、CPU441から電力計算用パラメータレジスタ3311に設定される電力パラメ

50

ータに基づき、定常期間電力計算回路 3 3 1 2、スイッチング電力計算回路 3 3 1 3、加算器 3 3 1 4 により、1 電源周期当たりの電力を計算し、電力格納レジスタ 3 3 1 5 を経由して CPU 4 1 および熱履歴回路 3 3 2 に出力する。

【 0 0 2 9 】

図 9 は I G B T のスイッチング動作を説明するための図であり、I G B T 2 2 のドライブ信号 ( P W M 信号の一部 ) と駆動電流 ( I d ) 波形が示されている。1 つのドライブ信号における電力は以下の項目から構成される。

( A ) オンしている期間 ( 定常期間、 T o n ) での I G B T 2 2 のオン抵抗による定常損失

( B ) ターンオン期間 ( T t o n ) でのスイッチング損失 ( ターンオン損失 )

( C ) ターンオフ期間 ( T t o f ) でのスイッチング損失 ( ターンオフ損失 )

図 1 0 は I G B T のドライブ信号を説明するための図である。1 電源周期 ( T a c ) における I G B T 2 2 のドライブ信号 ( P W M 信号 ) は、ハイ ( H i g h ) の期間 ( デューティ ) の異なる複数のパルスで構成される。言い換えると 1 電源周期内には I G B T 2 2 をオンする時間が異なる複数のパルスが存在する。

【 0 0 3 0 】

1 電源周期当たりの P W M オン幅時間を t、I G B T 2 2 の飽和電圧を V c e ( s a t )、駆動電流を I d とすると、1 電源周期当たりの定常損失 ( P d ( s t a t i c ) ) は下記の式 ( 1 ) で求められるので、定常期間電力計算回路 3 3 1 2 は下記の式 ( 1 ) を計算する。

【 0 0 3 1 】

【 数 1 】

$$P_d(\text{static}) = \int_0^t V_{ce}(\text{sat}) \times I_d \dots (1)$$

【 0 0 3 2 】

1 電源周期当たりの I G B T 2 2 の O N 回数を N o n、O F F 回数を N o f f、ターンオン損失を E o n、ターンオフ損失を E o f f とすると、1 電源周期当たりのスイッチング損失 ( P d ( s w i t c h ) ) は下記の式 ( 2 ) で求められるので、スイッチング電力計算回路 3 3 1 3 は下記の式 ( 2 ) を計算する。

【 0 0 3 3 】

【 数 2 】

$$P_d(\text{switch}) = N_{on} \times E_{on} + N_{off} \times E_{off} \dots (2)$$

なお、電力用パラメータは上述した t、V c e ( s a t )、I d、N o n、N o f f、E o n、E o f f である。1 電源周期の発生電力値である P d は P d ( s t a t i c ) と P d ( s w i t c h ) との合計であるので、定常期間電力計算回路 3 3 1 2 の出力とスイッチング電力計算回路 3 3 1 3 の出力を加算器 3 3 1 4 で加算して求められる。P d は電力格納レジスタ 3 3 1 5 に格納される。このように、専用ハードウェアを用いることにより発生電力の計算を高速に行うことができる。

【 0 0 3 4 】

( b ) 熱履歴回路

図 5 は実施例 1 に係る熱履歴回路を示すブロック図である。図 5 の熱履歴回路 3 3 2 は遅延回路 3 3 2 1 と計算回路 3 3 2 2 とを備える。遅延回路 3 3 2 1 は電力計算回路 3 3 1 で計算した発生電力値 ( P d ) を熱履歴用サンプリングクロック ( C L K ) で順次、所定時間回数分の遅延回路 D C 0、D C 1、D C 2、・・・、D C m に取り込む。遅延回路 D C 0 に最も新しい発生電力値である P d ( t ) が格納され、遅延回路 D C m に最も古い発生電力値である P d ( t - m ) が格納される。

【 0 0 3 5 】

計算回路 3 3 2 2 は積和回路 3 3 2 3 と補正回路 3 3 2 5 とを備える。積和回路 3 3 2 3 は、遅延回路 D C 1、D C 2、・・・、D C m - 1、D C m の値である P d ( t - 1 )

10

20

30

40

50

、 $p d ( t - 2 )$ 、 $\dots$ 、 $p d ( t - m )$ と、時間係数 ( $D ( n ) : n = 1 \sim m$ )と、乗算器  $M L T 1$ 、 $M L T 2$ 、 $M L T m - 1$ 、 $M L T m$ でそれぞれ乗算し、加算器  $3 3 2 4$ で加算合計する。すなわち、下記の式 ( 3 ) の計算を行う。

【 0 0 3 6 】

【 数 3 】

$$\sum_{n=1}^{n=m} D(n) \times Pd(t-n) \quad \dots (3)$$

【 0 0 3 7 】

時間係数 ( $D ( n )$ ) は、後述する電力用半導体装置  $2 1$  の熱発生等価モデル ( 図 8 ) に基づく温度放熱特性に応じ、 $D ( 1 ) \sim D ( m )$  の関係は、時間経過とともに影響度が落ちるため、 $D ( 1 ) > D ( 2 ) > \dots > D ( m )$  となる。

10

【 0 0 3 8 】

補正回路  $3 3 2 5$  は積和回路  $3 3 2 3$  の加算合成値を熱容量レジスタ  $3 3 2 6$  に設定される発生熱量と温度上昇係数を決める熱容量分で補正して予測温度 ( $T p$ ) を求める。より具体的には積和回路  $3 3 2 3$  の出力から熱容量レジスタ  $3 3 2 6$  の出力を加算器  $3 3 2 7$  で減算して、予測温度 ( $T p$ ) として温度判定回路  $3 3 3$  に出力する。これは、 $I G B T 2 2$  に温度上昇となる熱発生があったとしても、熱容量に蓄積、放熱板で放熱されるため、温度上昇しない事象となる。この事象を成立させるために熱容量分を差し引いている。このように、専用ハードウェアを用いることにより予測温度の計算を高速に行うことができる。

20

【 0 0 3 9 】

( c ) 温度判定回路

図 6 は実施例 1 に係る温度判定回路を示すブロック図である。図 6 の温度判定回路  $3 3 3$  は判断回路  $3 3 3 1$  と加算器  $3 3 3 2$  とセクタ  $3 3 3 3$  と比較器  $3 3 3 4$  と基準温度設定レジスタ  $3 3 3 5$  とを備える。判断回路  $3 3 3 1$  は熱履歴回路  $3 3 2$  で計算した予測温度 ( $T p$ ) の符号を判断し、予測温度 ( $T p$ ) が負のときは温度検出回路  $3 2$  で検出した温度測定値 ( $T m$ ) を、予測温度 ( $T p$ ) が 0 または正のときは予測温度 ( $T p$ ) に温度検出回路  $3 2$  で検出した温度測定値 ( $T m$ ) を加算器  $3 3 3 2$  で加算した値 ( 温度予測値 ( $T p r$ ) ) をセクタ  $3 3 3 3$  で選択する。なお、電力計算回路  $3 3 1$  は基本的に  $P W M$  波形から消費電力値を計算するためのもので、絶対温度を測定するものではない。このため、温度測定値 ( $T m$ ) を起点に、消費電力値による上昇分として予想温度 ( $T p$ ) を割り出している。したがって、温度予測値 ( $T p r$ ) は温度測定値 ( $T m$ ) に予測温度 ( $T p$ ) を加算したものとなる。比較器  $3 3 4$  は温度予測値 ( $T p r$ ) と基準温度設定レジスタ  $3 3 3 5$  に設定された基準温度 ( $T r$ ) とを比較し、温度予測値 ( $T p r$ ) が基準温度 ( $T r$ ) よりも高いときは異常温度と判定して温度予測判定 ( $J t p$ ) を  $C P U 4 1$  に出力する。このように、専用ハードウェアを用いることにより温度判定を高速に行うことができる。

30

異常温度の判定に温度測定値を用いているため、温度検出回路  $3 2$  と同じドライバ  $I C 3 0$  内に温度予測計算回路  $3 3$  を備えることにより、異常温度を遅延なく検出することができる。また、各ドライバ  $I C 3 0$  内に温度予測計算回路  $3 3$  を備えることにより、電力用半導体装置  $2 1 U$ 、 $2 1 V$ 、 $2 1 W$ 、 $2 1 X$ 、 $2 1 Y$ 、 $2 1 Z$  のそれぞれの温度を予測することができる。これにより、電力用半導体装置  $2 1 U$ 、 $2 1 V$ 、 $2 1 W$ 、 $2 1 X$ 、 $2 1 Y$ 、 $2 1 Z$  のいずれかで異常温度になることを遅延なく検出することが可能となる。

40

【 0 0 4 0 】

( 熱発生等価モデル )

図 7 は電力用半導体装置の構造を示す側面図である。図 8 は電力用半導体装置の熱発生等価モデルを示す図である。図 7 の電力用半導体装置  $2 1$  はパッケージに封止された  $I G B T$  チップ  $2 3$  と  $I G B T$  チップ  $2 3$  に接着剤  $2 4$  で取り付けられたヒートシンク  $2 5$  で

50

構成される。電力用半導体装置 2 1 は基板 6 1 上に実装される。I G B T チップ 2 3 のジャンクション 6 0 が熱源で、図 8 の熱発生等価モデルはジャンクション 6 0 と I B G T チップ 2 3 の上面 (パッケージの上面) 6 2 との間の第 1 のチップ内熱抵抗 (  $i n 1$  )、ジャンクション 6 0 と基板 6 1 との間の第 2 のチップ内熱抵抗 (  $i n 2$  ) を有する。また、熱発生等価モデルは I B G T チップ 2 3 の上面 6 2 とヒートシンク 6 3 ( 2 5 ) との間の接触熱抵抗 (  $c n t$  )、ヒートシンク 6 3 と周囲温度 6 4 との間の放熱板熱抵抗 (  $h s n k$  ) を有する。また、熱発生等価モデルは、ジャンクション 6 0 と接地電源との間のジャンクション熱容量 5 3、I B G T チップ 2 3 の上面と接地電源との間の接続間熱容量 5 4、ヒートシンク 6 3 と接地電源との間の放熱板熱容量 5 5 とを有する。各熱抵抗による放熱と、各熱容量による発生熱の蓄積および遅れが発生する。

10

## 【 0 0 4 1 】

( モータの回転速度と P W M 信号の関係 )

図 1 1 は 3 相モータ制御における P W M 信号パターン例を示す図である。図 1 1 ( A ) は中速回転、図 1 1 ( B ) は低速回転、図 1 1 ( C ) は高速回転の波形である。図 1 1 ( A ) から図 1 1 ( C ) では、キャリア周期 ( キャリア周波数の逆数 ) を  $T c ( 1 / f c )$ 、1 電源周期 ( 1 電源周波数の逆数 ) を  $T a c ( 1 / f a c )$  とすると、 $T c : T a c = 1 : 2 0$  の場合が示されている。回転速度およびモータ位相に応じて P W M 信号幅を制御するが、回転速度を上げるには P W M 信号幅が大きく、逆に回転速度を下げるには P W M 信号幅を小さく制御する。モータ制御信号 ( P W M 信号 ) は回転速度に応じて、1 電源周期 (  $T a c$  ) 毎にモータ電流 ( 駆動電流 (  $I d$  ) ) がサイン波になるように、P W M 信号をドライバ I C 3 0 から電力用半導体装置 2 1 の I G B T 2 2 に送信する。

20

## 【 0 0 4 2 】

( 温度予測計算回路の動作タイミング )

図 1 5 は温度予測計算回路の動作を示すタイミング図である。モータ制御部 4 1 1 は P W M 波形を計算した結果 ( P W M ( T ) ) を P W M 回路 4 2 に設定し、P W M 回路 4 2 はその設定に基づいて P W M 信号を生成し出力する。それと並行してモータ制御部 4 1 1 は P W M ( T ) から求めた電力パラメータを電力計算用パラメータレジスタ 3 3 1 1 に設定する。P W M 波形計算とそれに基づく P W M 信号出力とは 1 電源周期 (  $T a c$  ) の遅れがある。電力計算回路 3 3 1 は 1 電源周期毎に電力パラメータに基づいて発生電力 (  $P d ( T )$  ) を計算し電力格納レジスタ 3 3 1 5 に  $P d ( T )$  を格納する。

30

## 【 0 0 4 3 】

熱履歴回路 3 3 2 は  $P d ( T )$  を熱履歴用サンプリングクロック ( C L K ) で遅延回路 D C 0 に  $P d ( t )$  として取り込み、次の C L K で遅延回路 D C 1 に  $P d ( t )$  として取り込み予測温度 (  $T p ( t )$  ) の計算に反映して温度判定回路 3 3 3 に出力する。温度判定回路 3 3 3 は温度予測判定 (  $J t p ( t )$  ) を出力する。発生電力値 (  $P d ( t )$  ) とそれに基づく予測温度 (  $T p ( t )$  ) 出力および温度予測判定 (  $J t p ( t )$  ) 出力とは 1 熱履歴計算用サンプリングクロック周期 (  $T c l k$ 、熱履歴計算基本周期ともいう。 ) の遅れがある。

## 【 0 0 4 4 】

図 1 6 はドライブ信号と予測温度値との関係を示すタイミング図である。図 1 6 では 1 電源周期 ( 電源周波数 ) と 1 サンプリングクロック周期 ( サンプリングクロック周波数 ) が同じ場合を示している。なお、1 電源周期は一般に約 1 m s 以下である。図 1 6 に示すように、高速回転時は P W M 信号のデューティ比が大きくなり、予測温度も上昇する。反対に低速回転時は P W M 信号のデューティ比が小さくなり予測温度は下降する。この動作タイミングから予測温度は、サンプリングクロック周期 (  $T c l k$  ) 毎に計算されるため、高速に温度予測することができる。

40

## 【 0 0 4 5 】

( 温度予測計算回路の動作方法 )

図 2 5 は温度予測計算回路の初期設定方法を示すフロー図である。C P U 4 1 のモータ制御部 4 1 1 は温度判定回路 3 3 3 の基準温度設定レジスタ 3 3 3 5 に異常温度判断値 (

50

基準温度)を設定する(ステップS11)。モータ制御部411は熱履歴回路332の遅延回路3321, 3322, 3323, 3324の値をクリアする(ステップS12)。モータ制御部411は電力計算回路331の電力格納レジスタ3315の値をクリアする(ステップS13)。モータ制御部411は熱履歴回路332の時間係数(D(n))に温度放熱特性に応じた値を設定する(ステップS14)。モータ制御部411は熱履歴回路332の熱容量レジスタ332Bに電力用半導体装置の熱容量に相当する値を設定する(ステップS15)。

#### 【0046】

図26は温度予測計算回路への電力パラメータの設定方法を示すフロー図である。CPU41のモータ制御部411は1電源周期毎に電力設定処理を行う。電流指令値(トルク指令)、現在の電流測定値、モータの角速度、位置を取得する(ステップS21)。モータ制御部411は次の電源周期のPWMパターンをステップS21で取得した値によりPWM基底テーブル451を使用して生成する(ステップS22)。モータ制御部411はステップS22で生成したPWMパターンからPWMオン時間幅、スイッチング回数を電力用パラメータレジスタ3311に設定する(ステップS23)。モータ制御部411は飽和電圧、ターンオン損失値およびターンオフ損失値をIGBT特性データ452から取得し、現在の温度測定値で補正し、電力用パラメータレジスタ3311に設定する(ステップS24)。

10

#### 【0047】

(電力計算回路の電力パラメータの導出方法)

20

モータ制御信号は事前にCPU41のモータ制御部411でPWM信号パターンを作成しているので電力計算に必要となる電力パラメータのうちPWMオン幅時間(t)およびスイッチング回数(Non、Noff)既知である。電力パラメータのうち飽和電圧(Vce(sat))、駆動電流(Id)、スイッチング損失(Eon、Eoff)の導出方法について説明する。

#### 【0048】

図12はIGBTの飽和電圧-駆動電流特性を示す図である。図12ではゲート-エミッタ間電圧(Vge)=15Vでの特性である。飽和電圧(Vce(sat))はコレクタ電流(Ic)すなわち駆動電流(Id)依存性があるので、図12に示すような特性をIGBT特性データ452として記憶装置45に格納しておき、モータ制御部411はId測定値に基づいてIGBT特性データ452からVce(sat)を求める。

30

#### 【0049】

図13はIGBTの駆動電流-ターンオン損失特性を示す図である。図13ではコレクタ-エミッタ間電圧(Vce)=400V、Vge=15Vでの特性である。図14はIGBTの駆動電流-ターンオフ損失特性を示す図である。ターンオン損失値(Eon)およびターンオフ損失(Eoff)は温度依存性があるため、図13および図14に示すような特性をIGBT特性データ452として記憶装置45に格納しておき、モータ制御部411は電力用半導体装置21の温度検出用ダイオードD1を使った温度検出回路32からの温度測定値に基づいてIGBT特性データ452からEonおよびEoffを求める。

40

#### 【0050】

このようにして、モータ制御部411は電力パラメータのうちVce(sat)、Id、EonおよびEoffを導出する。

これにより、遅滞なく電力パラメータのうち飽和電圧(Vce(sat))、スイッチング損失(Eon、Eoff)を求めることができる。また、上述のようにモータ制御信号は事前にCPU41のモータ制御部411でPWM信号パターンを作成しているので電力計算に必要となる電力パラメータのうちPWMオン幅時間(t)およびスイッチング回数(Non、Noff)既知である。よって、発生電力を計算するのに必要な電力パラメータを遅滞なく準備することができる。

#### 【0051】

50

## (熱履歴回路の係数の導出方法)

図17はIGBTの温度上昇特性を示す図である。図18はIGBTの温度下降特性を示す図である。図8の等価回路における熱容量(放熱板熱容量55、接続間熱容量54、ジャンクション熱容量53)により、図17の温度上昇はT1時間(応答時間)の遅れが生じ、図18の温度下降はT2時間(応答時間)の遅れが生じる。モータ制御部411はこの時間遅れ(T1、T2)の関係から熱容量を算出し、熱履歴回路332の熱容量レジスタ3325に設定する。この時間遅れ(T1、T2)には電力用半導体装置21内の熱発生源から温度検出ダイオードD1の伝播時間が含まれているので、その時間分は除外する。また、モータ制御部411は、図17の温度上昇を開始してからの傾き、図18の温度下降開始からの傾きから放熱係数(放熱特性に応じた時間係数(D(n)))を算定する。

10

## 【0052】

図19、図20および図21はIGBTのゲート信号のデューティ比を変更した際の温度特性を示す図である。キャリア周期(Tc)は熱履歴回路332のサンプリング周期(Tclk)と同じ値に設定し、ゲート信号のデューティ比を変更した際の温度特性を電力用半導体装置21の温度検出ダイオードD1などを使ってモニタする。一般的に、図19に示すように、デューティ比が低い場合はオン幅時間が減ることで、温度は下がる。図20に示すように、逆にデューティ比を高めた場合は、温度は上昇傾向となる。図21に示すように、特定のデューティ比の場合には、放熱と発熱が同じとなり温度変化がなくなる。

20

## 【0053】

図22は図21で温度が一定になる場合のキャリア周期を示す図である。図23は図22よりもキャリア周期が短い場合の温度特性を示す図である。図24は図22よりもキャリア周期が長い場合の温度特性を示す図である。キャリア周波数依存性を計るため、図21で温度が一定になるキャリア周期のデューティ比を維持したままキャリア周期を変化させることによる温度特性を測定する。図23に示すように、キャリア周期(Tc2)をTc1より短くした場合、所定時間当たりのスイッチング回数が増えるため温度が上昇傾向にある。逆に、図24に示すように、キャリア周期(Tc3)をTc1より長くした場合には、スイッチング回数が減り温度が下降する傾向になる。このキャリア周期と温度との関係から、キャリア周期を大きく変更した場合にも、放熱係数(放熱特性に応じた時間係数(D(n)))を補正することで、温度予測値の精度を高めることができる。

30

## 【0054】

図27は温度予測計算回路の各種係数導出処理を示すフロー図である。モータ制御部411は特定のPWMパターンに基づいてPWM回路42でPWM信号を生成し、ゲート回路31を介してIGBT22に出力する(ステップS31。)モータ制御部411は温度測定値より電力計算回路331の電力パラメータおよび熱履歴回路332の係数の補正を行う(ステップS32)。温度計算用の係数値を補正するためにPWMの駆動パターンを色々変化させた時の温度特性を調べることで、個別のIGBTの特性および相対バラツキを計算することができる。これは、放熱板も場所によって、空気や水の対流が違うために係数が違ったり、デバイスのVce(sat)が違うために消費電力量も変わったりするデバイス特性面の差異があるため、調整が必要になるためである。これにより、温度予測値の精度を高めることができる。

40

## 【0055】

## (モータ制御異常監視処理)

図28はモータ制御の第1の異常監視処理を示すフロー図である。モータ制御部411は温度予測計算回路33の判定結果が異常を示しているかどうかを判断する(ステップS41)。温度予測計算回路33の判定結果が異常を示している場合(ステップS41でYesの場合)、モータ制御部411は異常処理(モータ制御抑制処理)を行う(ステップS42)。温度予測計算回路33の判定結果が正常を示している場合(ステップS41でNoの場合)、モータ制御部411は正常処理を行う。

50

## 【 0 0 5 6 】

これにより、スイッチングトランジスタの温度を予測することができるので、スイッチングトランジスタの発熱部と温度検出器との間の熱伝播時間が大きく温度検出が遅れる場合であっても、予測温度により遮断制御を実行するので、応答時間の遅れから、スイッチング素子の許容動作温度を超える可能性が低くなる。また、遅い応答時間を考慮して、マージンを持った遮断設定値とする必要がないため、スイッチング素子の許容動作温度が狭くならない。

## 【 0 0 5 7 】

図 2 9 はモータ制御の第 2 の異常監視処理を示すフロー図である。モータ制御部 4 1 1 は上述のモータ制御の第 1 の異常監視処理を行う。その後、温度予測値が異常温度でない場合、モータ制御部 4 1 1 は温度検出回路 3 2 が異常を示しているかどうかを判断する（ステップ S 5 1）。温度検出回路 3 2 の温度測定値が異常を示している場合（ステップ S 5 1 で Yes の場合）、モータ制御部 4 1 1 は異常処理（モータ制御抑制処理）を行う（ステップ S 5 2）。温度検出回路 3 2 の温度測定値が正常を示している場合（ステップ S 5 1 で No の場合）、モータ制御部 4 1 1 は正常処理を行う。

10

## 【 0 0 5 8 】

これにより、温度予測値と温度測定値との 2 系統で異常温度を検出し遮断制御することができるので、何らかの理由で温度予測値による異常温度検出ができなくても、温度測定値による異常温度検出することができる。

## 【 実施例 2 】

20

## 【 0 0 5 9 】

図 3 0 は実施例 2 に係る電動機システムの構成を示すブロック図である。図 3 1 は実施例 2 に係る電動機システムの一部である電子装置を示すブロック図である。実施例 1 に係る電動機システム 1 では温度予測計算回路 3 3 は各ドライバ IC 3 0 に内蔵されているが、実施例 2 に係る電動機システム 1 S ではドライバ IC 3 0 S には温度予測計算回路は内蔵されず、制御回路 4 0 S に温度予測計算回路 3 3 S が 6 個内蔵される。これ以外は、電動機システム 1 S は電動機システム 1 と同様な構成である。電子装置 2 S はパワーモジュール 2 0、6 個のドライバ IC 3 0 S および制御回路 4 0 S で構成される。

## 【 0 0 6 0 】

図 3 2 は実施例 2 に係る温度予測計算回路を示すブロック図である。温度予測計算回路 3 3 S は実施例 1 に係る温度予測回路 3 3 の熱履歴回路 3 3 2 と同様なものを備え、実施例 1 に係る温度予測回路 3 3 の電力計算回路 3 3 1 および温度判定回路 3 3 3 に相当するものを備えない。本実施例では、電力計算回路 3 3 1 でハードウェアが行う計算を CPU 4 1 のモータ制御部 4 1 1 S においてソフトウェアで実行し、温度判定回路 3 3 3 でハードウェアが行う判定を CPU 4 1 のモータ制御部 4 1 1 S においてソフトウェアで実行する。ただし、温度予測計算回路 3 3 S はモータ制御部 4 1 1 S において計算した発生電力を格納する電力格納レジスタ 3 3 1 5 と、熱履歴回路 3 3 2 で計算した予測温度を格納する予測温度モニタ用レジスタ 3 3 2 8 を備える。これにより、電力計算回路および温度判定回路の演算回路を削減することができる。また、ドライバ IC 3 0 S と制御回路 4 0 S との信号のやり取りが減少し、アイソレータの数を削減することができる。なお、温度予測計算回路 3 3 S の計算を CPU 4 1 がソフトウェアで実施するようにして、温度予測計算回路 3 3 S をなくしてもよい。

30

40

実施例 1 の電力計算回路の電力パラメータの導出方法は CPU 4 1 のモータ制御部 4 1 1 S で電力計算する場合も同様に行われる。また、実施例 1 の温度予測計算回路の各種係数導出方法も実施例 2 でも同様に行われる。また、実施例 1 のモータ制御異常監視処理も実施例 2 でも同様に行われる。

## 【 0 0 6 1 】

以上、本発明者によってなされた発明を実施形態および実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、上記実施形態および実施例に限定されるものではなく、種々変更可能であることはいうまでもない。

50

【符号の説明】

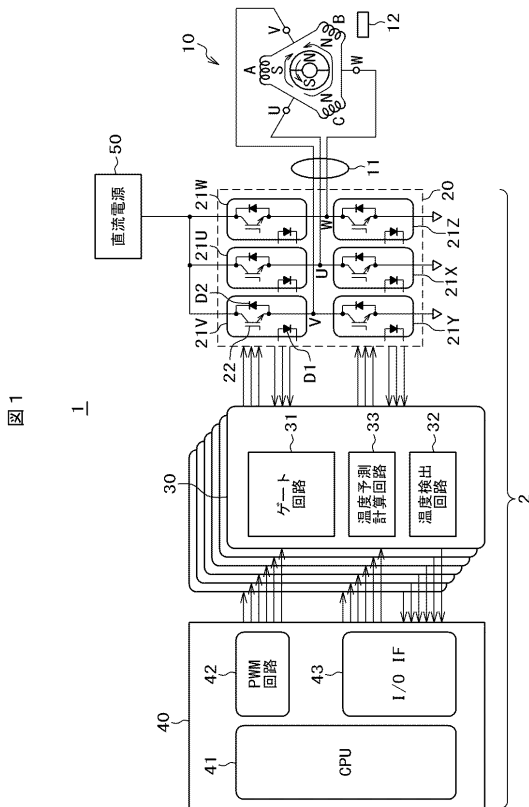
【0062】

- 1, 1S・・・電動機システム
- 2, 2S・・・電子装置
- 10・・・3相モータ
- 20・・・パワーモジュール
- 21・・・電力用半導体装置
- 22・・・IGBT(スイッチングトランジスタ)
- D1・・・温度検出用ダイオード
- D2・・・還流ダイオード
- 30, 30S・・・ドライバIC
- 31・・・ゲート回路
- 32・・・温度検出回路
- 33, 33S・・・温度予測計算回路
- 331・・・電力計算回路
- 332・・・熱履歴回路
- 333・・・温度判定回路
- 40, 40S・・・制御回路
- 41・・・CPU
- 42・・・PWM回路
- 43・・・I/Oインタフェース

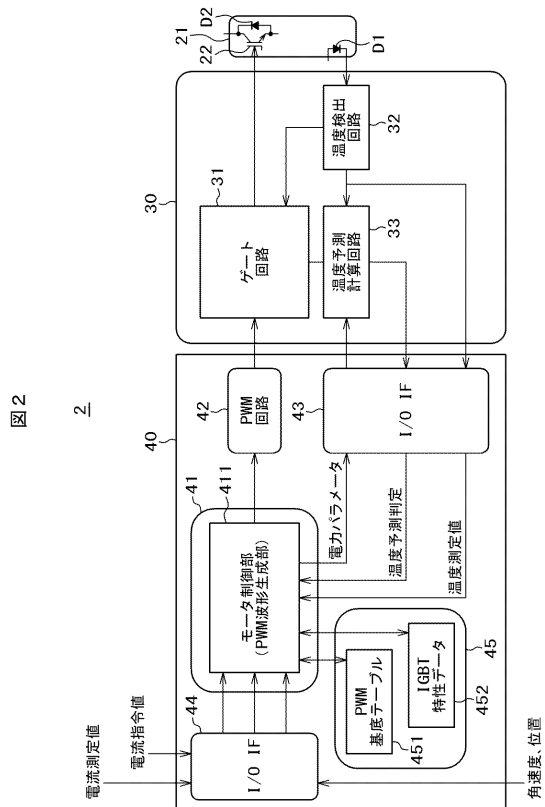
10

20

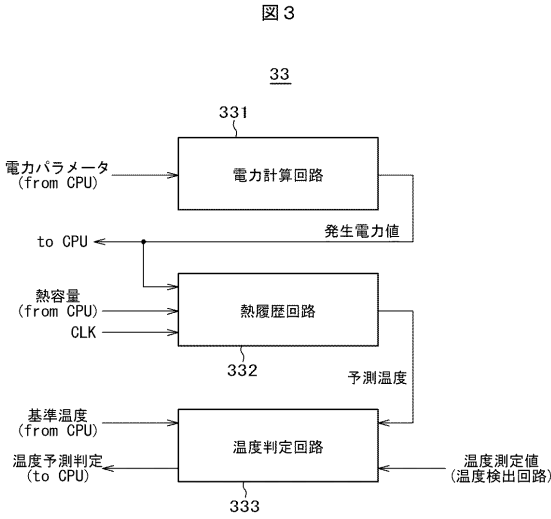
【図1】



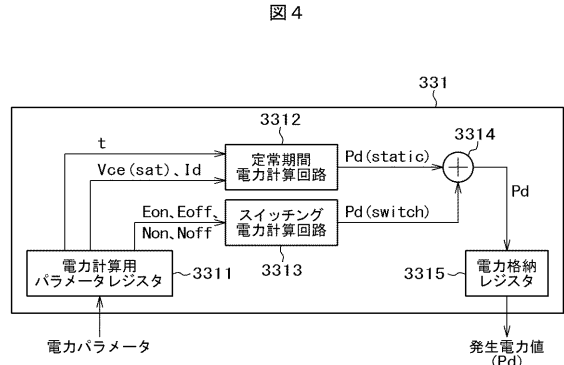
【図2】



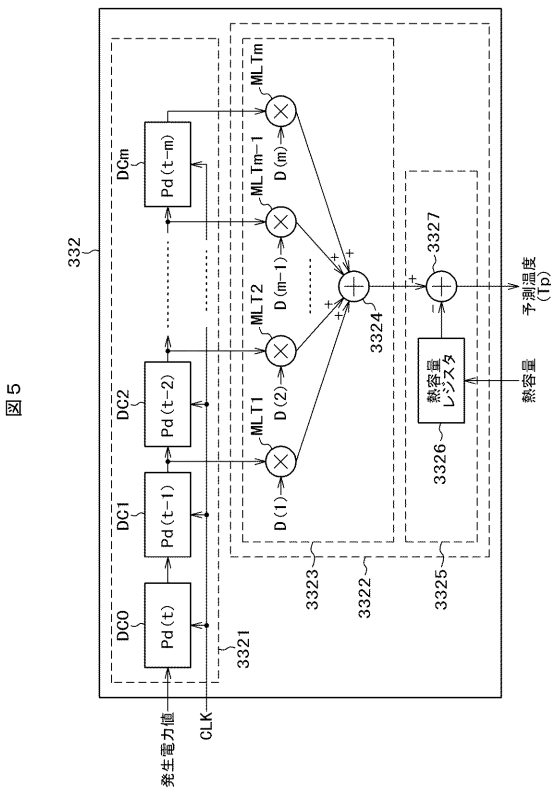
【 図 3 】



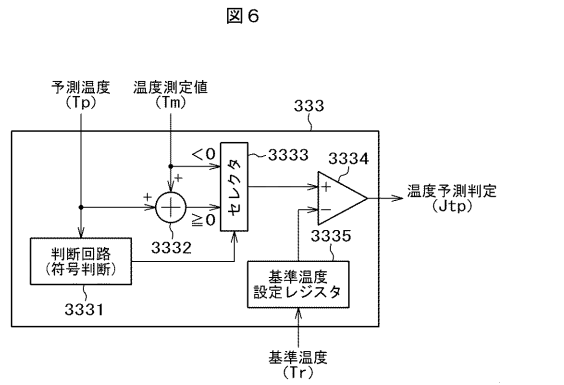
【 図 4 】



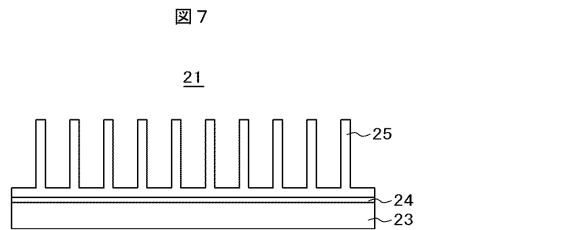
【 図 5 】



【 図 6 】

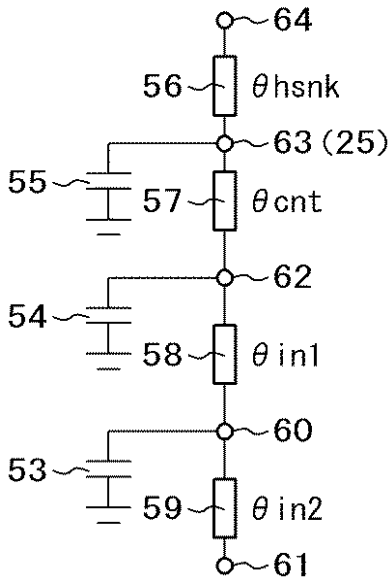


【 図 7 】



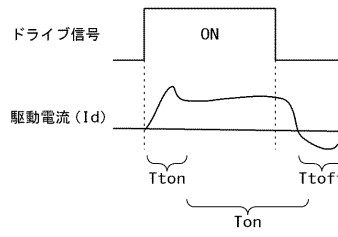
【 図 8 】

図 8



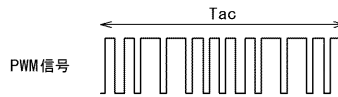
【 図 9 】

図 9



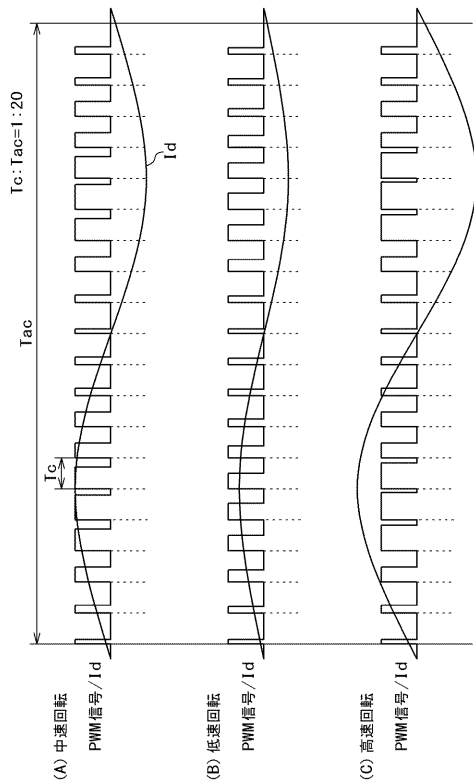
【 図 1 0 】

図 1 0



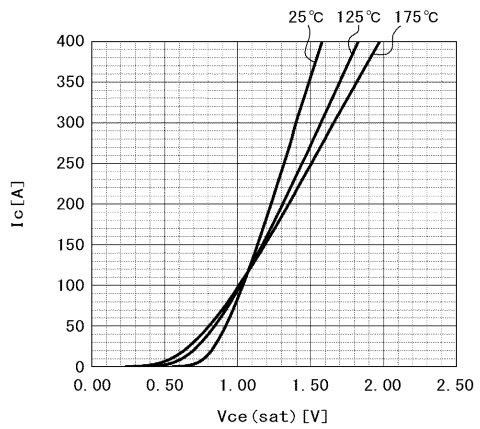
【 図 1 1 】

図 1 1



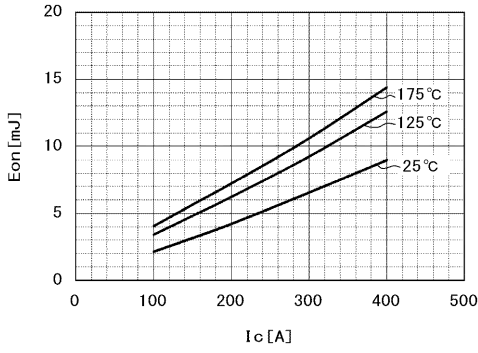
【 図 1 2 】

図 1 2



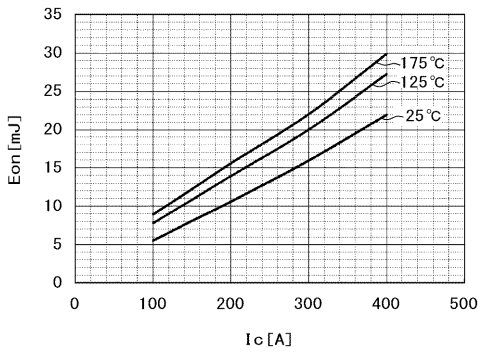
【 図 1 3 】

図 1 3



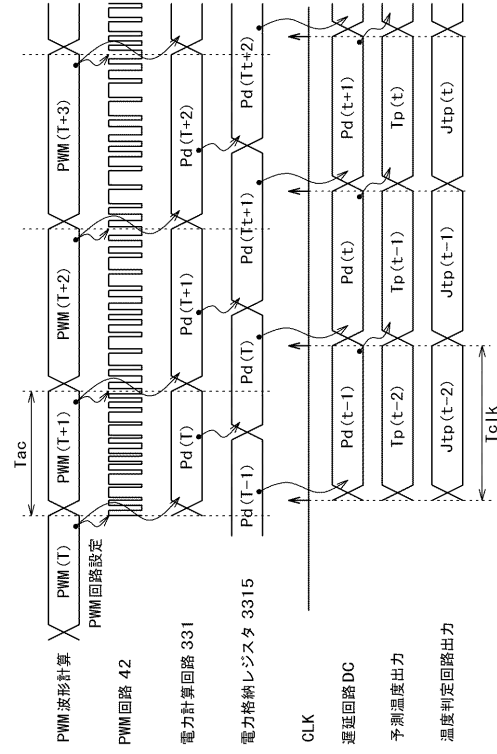
【 図 1 4 】

図 1 4



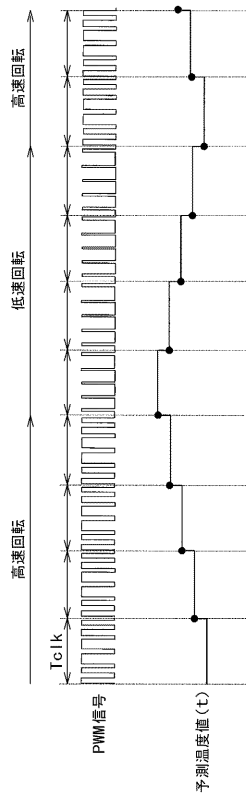
【 図 1 5 】

図 1 5



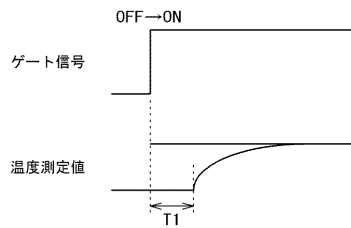
【 図 1 6 】

図 1 6



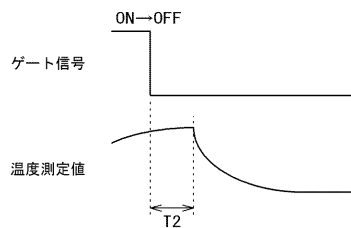
【 図 1 7 】

図 1 7



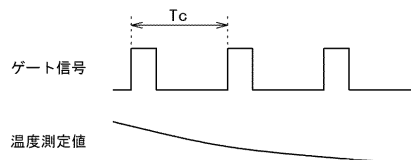
【 図 1 8 】

図 1 8



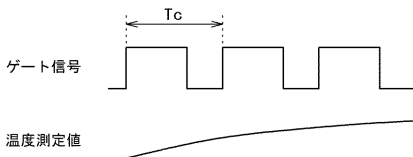
【 図 1 9 】

図 1 9



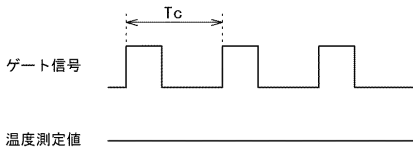
【図20】

図20



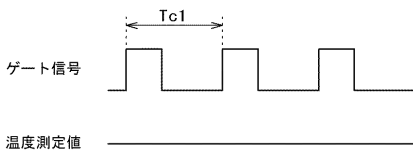
【図21】

図21



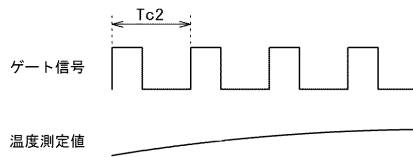
【図22】

図22



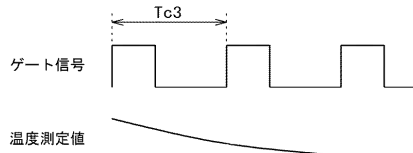
【図23】

図23



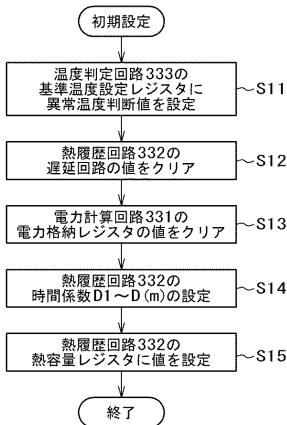
【図24】

図24



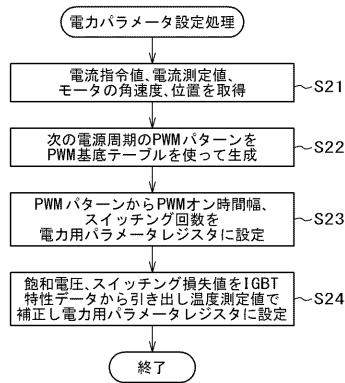
【図25】

図25



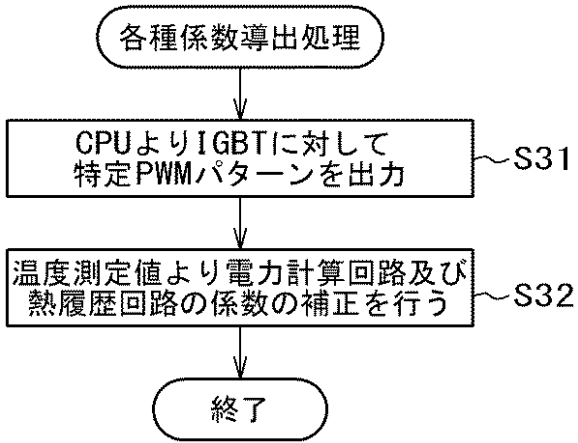
【図26】

図26



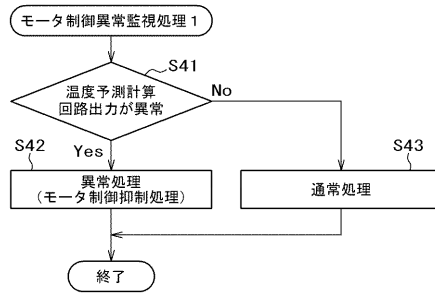
【図 27】

図 27



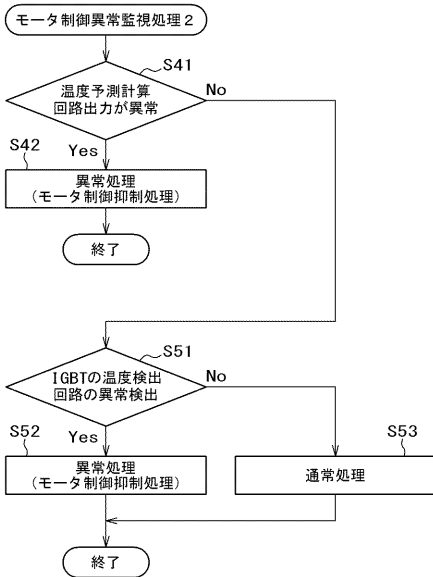
【図 28】

図 28

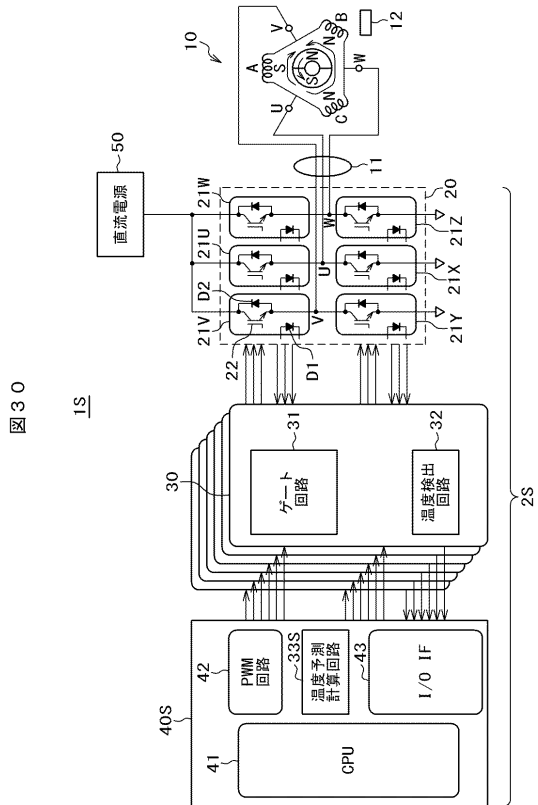


【図 29】

図 29



【図 30】



【 図 3 1 】

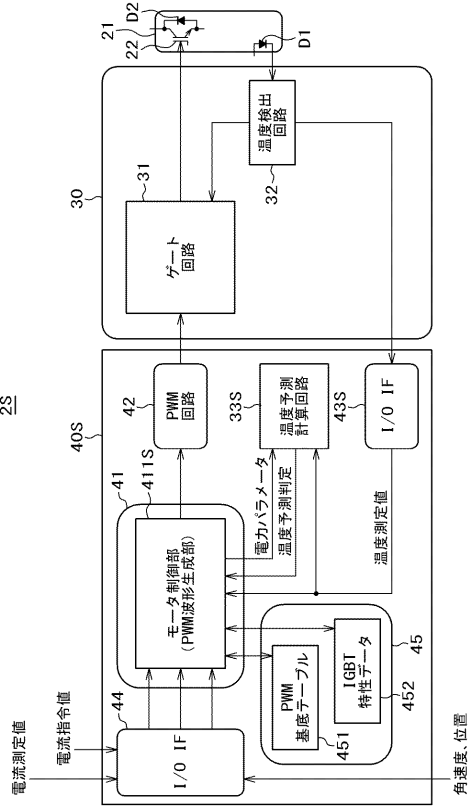


図 3 1

2S

【 図 3 2 】

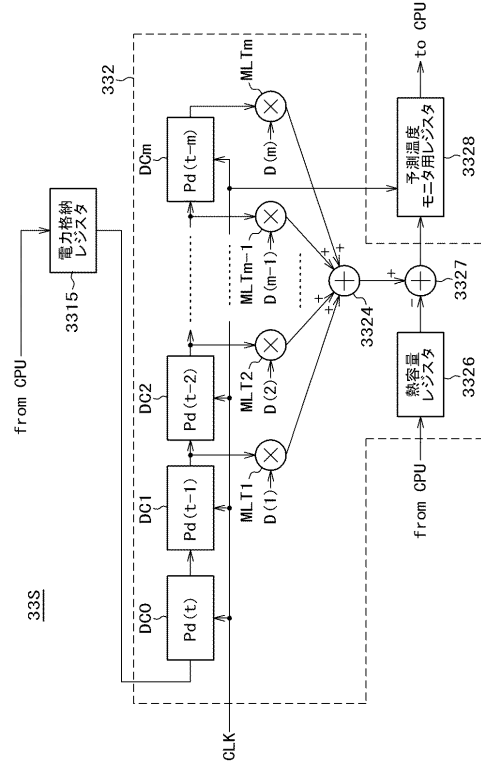
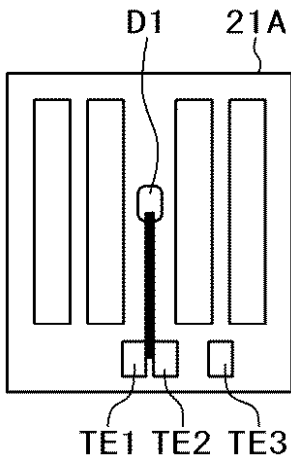


図 3 2

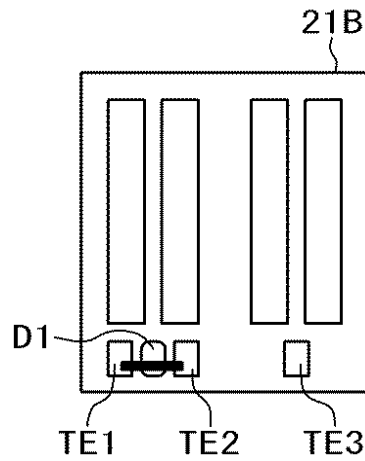
【 図 3 3 】

図 3 3



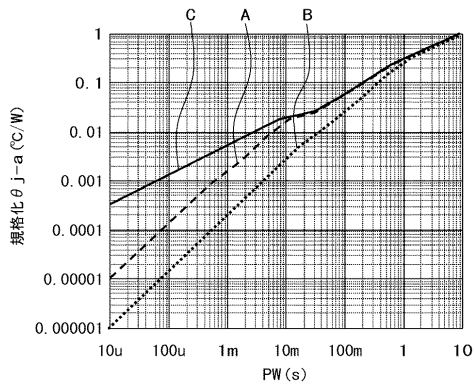
【 図 3 4 】

図 3 4



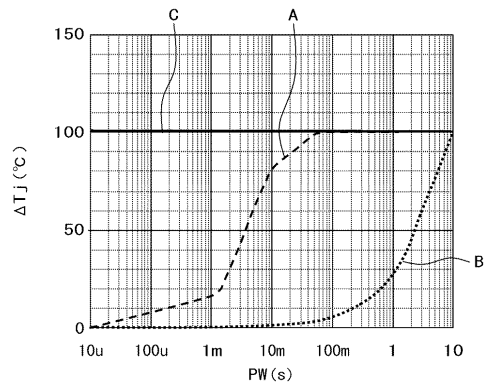
【 図 3 5 】

図 3 5



【 図 3 6 】

図 3 6



【 図 3 7 】

図 3 7

