

(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
2021年9月30日(30.09.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/192530 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 1/00 (2007.01) *H02M 7/48* (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/001184
- (22) 国際出願日: 2021年1月15日(15.01.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-051598 2020年3月23日(23.03.2020) JP
- (71) 出願人: 日立 *A s t e m o* 株式会社(**HITACHI ASTEMO, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 荒木 隆宏(**ARAKI Takahiro**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 三間 彬(**MIMA Akira**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 前川 典幸(**MAEKAWA Noriyuki**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 *A s t e m o* 株式会社内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 戸田 裕二(**TODA Yuji**); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

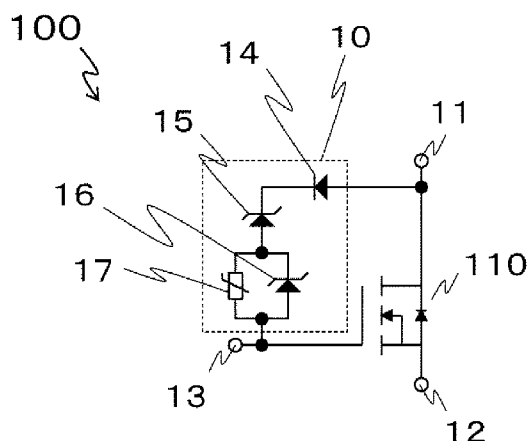
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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,

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR DEVICE, POWER MODULE, INVERTER DEVICE, AND ELECTRIC VEHICLE

(54) 発明の名称: 半導体装置、パワーモジュール、インバータ装置、および電動車両

図 1



(57) **Abstract:** The present invention addresses the problem that, when the value of a current flowing to a thermistor has increased, drops in the voltage generated by the thermistor increase in magnitude and variation in the clamp voltage occurs. A semiconductor device comprising a switching element that is controlled to turn on and off, and a surge voltage protection circuit that is connected between a positive-pole-side terminal of the switching element and a control terminal of the switching element, the surge voltage protection circuit being configured from a first Zener diode, a second Zener diode connected in series to the first Zener diode, and a temperature characteristic compensation element for which the polarity of the temperature coefficient is different than those of the first Zener diode and the second Zener diode and which is connected in parallel to the second Zener diode.

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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：サーミスタを流れる電流値が大きくなった場合に、サーミスタで発生する電圧降下が増大し、クランプ電圧にばらつきが発生する課題があった。 オンオフ制御されるスイッチング素子と、前記スイッチング素子の正極側端子と前記スイッチング素子の制御端子との間に接続されるサージ電圧保護回路と、を備え、前記サージ電圧保護回路は、第1ツェナーダイオードと、前記第1ツェナーダイオードと直列に接続される第2ツェナーダイオードと、前記第1ツェナーダイオードおよび前記第2ツェナーダイオードとは温度係数の極性が異なり、かつ前記第2ツェナーダイオードに並列に接続される温度特性補償素子と、により構成される半導体装置。

明 細 書

発明の名称：

半導体装置、パワーモジュール、インバータ装置、および電動車両

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置、パワーモジュール、インバータ装置、および電動車両に関する。

背景技術

[0002] ハイブリッド自動車や電気自動車などの電動車両に搭載されるインバータ装置には、オンオフ制御されるスイッチング素子が用いられる。このスイッチング素子は、スイッチング時間の短縮とサージ電圧の抑制の両立が望まれる。そのため、スイッチング素子の正極側端子とスイッチング素子の制御端子との間にサージ電圧保護回路が設けられている。サージ電圧保護回路は、スイッチング素子のドレイン・ソース間のブレークダウン電圧よりも低い電圧（クランプ電圧）で動作するように設定されており、サージが発生すると、スイッチング素子より先にブレークダウンしてスイッチング素子を保護する。

[0003] 特許文献1には、ツェナーダイオードZ1のカソードがMOSFETのドレインに接続され、ダイオードのアノードがツェナーダイオードZ1のアノードに接続され、サーミスタがダイオードのカソードとMOSFETのゲート間に接続され、サーミスタに固定抵抗器が並列に接続された負荷制御装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2019-47416号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載の装置では、サーミスタを流れる電流値が大きくなった

場合に、サーミスタで発生する電圧降下が増大し、クランプ電圧にばらつきが発生する課題があった。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明による半導体装置は、オンオフ制御されるスイッチング素子と、前記スイッチング素子の正極側端子と前記スイッチング素子の制御端子との間に接続されるサージ電圧保護回路と、を備え、前記サージ電圧保護回路は、第1ツェナーダイオードと、前記第1ツェナーダイオードと直列に接続される第2ツェナーダイオードと、前記第1ツェナーダイオードおよび前記第2ツェナーダイオードとは温度係数の極性が異なり、かつ前記第2ツェナーダイオードに並列に接続される温度特性補償素子と、により構成される。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、電流値に因らずクランプ電圧のばらつきを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第1の実施形態に係る半導体装置の回路構成図である。
[図2]第1の実施形態に係るクランプ電圧の温度特性を示す図である。
[図3]第1の実施形態に係るクランプ電圧の電流特性を示す図である。
[図4]第2の実施形態に係る半導体装置の回路構成図である。
[図5]第2の実施形態に係るクランプ電圧の温度特性を示す図である。
[図6]半導体装置の実装構造を示す外観図である。
[図7]半導体装置の内部構造を示す図である。
[図8]半導体装置を内蔵したパワーモジュールの外観図である。
[図9]パワーモジュールの内部構造を示す図である。
[図10]インバータ装置を用いたモータの駆動回路を示す図である。
[図11]電動車両の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] [第1の実施形態] 以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。た

だし、本発明は下記の実施形態に限定解釈されるものではなく、公知の他の構成要素を組み合わせることで本発明の技術思想を実現してもよい。なお、各図において同一要素については同一の符号を記し、重複する説明は省略する。

[0010] 図1は、本実施形態に係る半導体装置100の回路構成図である。

スイッチング素子110は、金属酸化膜型電界効果トランジスタ（MOSFET）や、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT）とダイオードの組み合わせなどで構成され、正極側端子11と、負極側端子12と、制御端子13を備える。

[0011] 正極側端子11は図示していないインバータ装置の正極側に、負極側端子12は図示していないインバータ装置の負極側に、制御端子13は図示していないインバータ制御装置に接続されている。スイッチング素子110は、制御端子13に入力される制御信号に基づいて正極側端子11から負極側端子12に流れる電流のオンとオフが制御される。

[0012] サージ電圧保護回路10は、スイッチング素子110の正極側端子11とスイッチング素子110の制御端子13の間に接続されている。一般に、サージ電圧保護回路10は、ダイオード14と第1ツェナーダイオード15が直列に接続されて構成されている。この構成において、スイッチング素子110のスイッチングによって正極側端子11と負極側端子12の間に発生するサージ電圧が第1ツェナーダイオード15のツェナー電圧によって設定されるクランプ電圧を超過したとする。この際に、第1ツェナーダイオード15が通電することによって正極側端子11から制御端子13へ電流が流れて、制御端子13の電位を上昇させることでスイッチング素子110をサージ電圧から保護している。

[0013] 本実施形態においては、サージ電圧保護回路10は、図1に示すように、ダイオード14と、第1ツェナーダイオード15と、第1ツェナーダイオード15と直列に接続される第2ツェナーダイオード16と、第1ツェナーダイオード15および第2ツェナーダイオード16とは温度係数の極性が異なり、かつ第2ツェナーダイオード16に並列に接続される温度特性補償素子

１７と、により構成される。温度特性補償素子１７は、例えばサーミスタである。

[0014] 温度特性補償素子１７は、第２ツェナーダイオード１６と温度係数の極性が異なり、第２ツェナーダイオード１６が正の温度係数を有する場合、温度特性補償素子１７は負の温度係数を有する。すなわち、第２ツェナーダイオード１６および温度特性補償素子１７の素子温度が上昇した場合、第２ツェナーダイオード１６のツェナー電圧は上昇するが、温度特性補償素子１７の抵抗値は低下する。一方、第２ツェナーダイオード１６および温度特性補償素子１７の素子温度が低下した場合、第２ツェナーダイオード１６のツェナー電圧は低下するが、温度特性補償素子１７の抵抗値は上昇する。その結果、第２ツェナーダイオード１６および温度特性補償素子１７の素子温度が高い場合、サージ電圧保護回路１０を流れる電流は温度特性補償素子１７に多く流れ、第２ツェナーダイオード１６および温度特性補償素子１７の素子温度が低い場合、サージ電圧保護回路１０を流れる電流は第２ツェナーダイオード１６に多く流れる。

[0015] したがって、第２ツェナーダイオード１６および温度特性補償素子１７の素子温度が高い場合のクランプ電圧は次式（１）によって算出され、第２ツェナーダイオード１６および温度特性補償素子１７の素子温度が低い場合のクランプ電圧は次式（２）によって算出される。

$$V_{clamp} = V_f + V_{ZD1} + V_{NTC} \cdots (1)$$

$$V_{clamp} = V_f + V_{ZD1} + V_{ZD2} \cdots (2)$$

ここで V_{clamp} はサージ電圧保護回路１０のクランプ電圧、 V_f はダイオード１４の順方向電圧、 V_{ZD1} は第１ツェナーダイオード１５のツェナー電圧、 V_{NTC} は温度特性補償素子１７で発生する電圧降下、 V_{ZD2} は第２ツェナーダイオード１６のツェナー電圧である。

[0016] 図２は、第１の実施形態に係るクランプ電圧の温度特性を示す図である。

図２において、横軸は温度を、縦軸は電圧を示す。

[0017] 第２ツェナーダイオード１６および温度特性補償素子１７の温度が低い場

合（図2のT1）、第2ツェナーダイオード16のツェナー電圧 V_{ZD2} は低く、温度特性補償素子17の抵抗値は大きいため、クランプ電圧 V_{clamp} は（2）式に示した通り、第1ツェナーダイオード15のツェナー電圧 V_{ZD1} と第2ツェナーダイオード16のツェナー電圧 V_{ZD2} の和となる。

[0018] 一方、第2ツェナーダイオード16および温度特性補償素子17の素子温度が高い場合（図2のT2）、第2ツェナーダイオード16のツェナー電圧 V_{ZD2} は高く、温度特性補償素子17の抵抗値は小さいため、クランプ電圧 V_{clamp} は（1）式に示した通り、第1ツェナーダイオード15のツェナー電圧 V_{ZD1} と温度特性補償素子17で発生する電圧降下 V_{NTC} の和となる。この結果、第1ツェナーダイオード15のみを用いた一般の構成と比較して、温度変化に伴うクランプ電圧の変動が抑制される。

[0019] 図3は、第1の実施形態に係るクランプ電圧の電流特性を示す図である。図3において、横軸はサージ電圧保護回路10を流れる電流を、縦軸はサージ電圧保護回路10の電圧を示す。 V_{clamp} はサージ電圧保護回路10のクランプ電圧、 V_f はダイオード14の順方向電圧、 V_{ZD1} は第1ツェナーダイオード15のツェナー電圧、 V_{NTC} は温度特性補償素子17で発生する電圧降下、 V_{ZD2} は第2ツェナーダイオード16のツェナー電圧である。

[0020] 第2ツェナーダイオード16および温度特性補償素子17の素子温度が高い場合、第2ツェナーダイオード16のツェナー電圧 V_{ZD2} は高く、温度特性補償素子17の抵抗値は小さいため、サージ電圧保護回路10を流れる電流は温度特性補償素子17に多く流れる。そして、その電流が増加した場合、温度特性補償素子17で発生する電圧降下 V_{NTC} が増大し、電流I1において、第2ツェナーダイオード16がツェナー電圧 V_{ZD2} を超過すると第2ツェナーダイオード16が通電する。これにより、サージ電圧保護回路10を流れる電流が増加した際にクランプ電圧 V_{clamp} が増大することを抑制することができる。

[0021] [第2の実施形態] 図4は第2の実施形態に係る半導体装置100'の回路構成図である。図1に示した第1の実施形態と同一の個所には同一の符号を附してその説明を省略する。

[0022] 第2の実施形態においては、サージ電圧保護回路20は、ダイオード14と、第1ツェナーダイオード15と、第1クランプ電圧補償回路部20aと、第2クランプ電圧補償回路部20bと、・・・第nクランプ電圧補償回路部20nとの直列接続により構成される。

[0023] 第1クランプ電圧補償回路部20aは、第2ツェナーダイオード16aと温度特性補償素子17aの並列接続で構成される。第2クランプ電圧補償回路部20bは、第3ツェナーダイオード16bと温度特性補償素子17bの並列接続で構成される。第nクランプ電圧補償回路部20nは、第nツェナーダイオード16nと温度特性補償素子17nの並列接続で構成される。温度特性補償素子17a、17b、・・・17nは、第1ツェナーダイオード15、第2ツェナーダイオード16a、および第nツェナーダイオード16nとは温度係数の極性が異なる。

[0024] 第2の実施形態では、第1クランプ電圧補償回路部20aにおける第2ツェナーダイオード16aのツェナー電圧 V_{ZD2a} と温度特性補償素子17aで発生する電圧降下 V_{NTCa} の大小関係が変化する温度は、第2クランプ電圧補償回路部20bにおける第3ツェナーダイオード16bのツェナー電圧 V_{ZD2b} と温度特性補償素子17bで発生する電圧降下 V_{NTCb} の大小関係が変化する温度と異なる。

[0025] 図5は、第2の実施形態に係るクランプ電圧の温度特性を示す図である。図2において、横軸は温度を、縦軸は電圧を示す。

以下、説明を簡単にするため、サージ電圧保護回路20が、ダイオード14と、第1ツェナーダイオード15と、第1クランプ電圧補償回路部20aと、第2クランプ電圧補償回路部20bとの直列接続により構成される場合を例に説明する。

[0026] 第1～第2クランプ電圧補償回路部20a～20bの部品温度が、図5に

示すように、 $T_0 \sim T_1$ の低温時は、第2ツェナーダイオード16aのツェナー電圧 V_{ZD2a} よりも温度特性補償素子17aで発生する電圧降下 V_{NTCa} のほうが大きい。また、第3ツェナーダイオード16bのツェナー電圧 V_{ZD2b} よりも温度特性補償素子17bで発生する電圧降下 V_{NTCb} のほうが大きい。このため、サージ電圧保護回路20を流れる電流は、第2ツェナーダイオード16aと第3ツェナーダイオード16bを流れる。したがって、クランプ電圧 V_{clamp} は第1ツェナーダイオード15aのツェナー電圧 V_{ZD1} と第2ツェナーダイオード16aのツェナー電圧 V_{ZD2a} と第3ツェナーダイオード16bのツェナー電圧 V_{ZD2b} の和となり、次式(3)によって算出される。

$$V_{clamp} = V_f + V_{ZD1} + V_{ZD2a} + V_{ZD2b} \cdots (3)$$

[0027] 第1～第2クランプ電圧補償回路部20a～20bの部品温度が、図5に示すように、 $T_1 \sim T_2$ に上昇すると、第2ツェナーダイオード16aのツェナー電圧 V_{ZD2a} よりも温度特性補償素子17aで発生する電圧降下 V_{NTCa} のほうが大きい。また、第3ツェナーダイオード16bのツェナー電圧 V_{ZD2b} よりも温度特性補償素子17bで発生する電圧降下 V_{NTCb} のほうが小さい。このため、サージ電圧保護回路20を流れる電流は、第2ツェナーダイオード16aと温度特性補償素子17bを流れる。したがって、クランプ電圧 V_{clamp} は第1ツェナーダイオード15aのツェナー電圧 V_{ZD1} と第2ツェナーダイオード16aのツェナー電圧 V_{ZD2a} と温度特性補償素子17bで発生する電圧降下 V_{NTCb} の和となり、次式(4)によって算出される。

$$V_{clamp} = V_f + V_{ZD1} + V_{ZD2a} + V_{NTCb} \cdots (4)$$

[0028] 第1～第2クランプ電圧補償回路部20a～20bの部品温度が、図5に示すように、 $T_2 \sim T_3$ の高温時は、第2ツェナーダイオード16aのツェナー電圧 V_{ZD2a} よりも温度特性補償素子17aで発生する電圧降下 V_{NTCa} のほうが小さい。また、第3ツェナーダイオード16bのツェナー電圧 V_{ZD2b} よりも温度特性補償素子17bで発生する電圧降下 V_{NTCb}

のほうが小さい。このため、サージ電圧保護回路20を流れる電流は、温度特性補償素子17aと温度特性補償素子17bを流れる。したがって、クランプ電圧 V_{clamp} は第1ツェナーダイオード15aのツェナー電圧 V_{ZD1a} と温度特性補償素子17aで発生する電圧降下 V_{NTCa} と温度特性補償素子17bで発生する電圧降下 V_{NTCb} の和となり、次式(5)によって算出される。

$$V_{clamp} = V_f + V_{ZD1} + V_{NTCa} + V_{NTCb} \cdots (5)$$

[0029] その結果、第1～第2クランプ電圧補償回路部20a～20bの部品温度が変化した場合にクランプ電圧が複数回切り替わるためクランプ電圧の変動がさらに抑制される。第1～第2クランプ電圧補償回路部20a～20bについて説明したが、複数のクランプ電圧補償回路部が直列接続された場合も同様であり、クランプ電圧の変動をさらに抑制することができる。

[0030] 図6は、半導体装置100の実装構造を示す外観図である。この外観図は、図1で示した第1の実施形態に係る半導体装置100の外観図を例に説明するが、図4で示した第2の実施形態に係る半導体装置100'の外観図も同様である。

[0031] 基板30の最下面には正極側端子導体11aが配置され、銅やアルミニウムなど電気抵抗が小さく熱抵抗も小さい導体により構成されている。基板30の最上面には負極側端子導体12aが配置され、銅やアルミニウムなどの導体により構成されている。

[0032] 図7は、半導体装置100の内部構造を示す図であり、図6に示す負極側端子導体12aを取り除いた状態の図を示す。

[0033] 正極側端子導体11aの上には正極側端子導体絶縁層11bが配置されており、正極側端子導体絶縁層11bは絶縁性の樹脂やセラミックなどにより構成されている。正極側端子導体絶縁層11bの上には制御信号層13aなどが配置されており、これは銅などの導体により構成されている。また、正極側端子導体11aの上にはスイッチング素子110が配置されており、正極側端子導体11aとスイッチング素子110の正極側端子11(図

1 参照) は、はんだなどの正極側端子接合材 1 1 d によって接合されている。一方、スイッチング素子 1 1 0 の負極側端子 1 2 (図 1 参照) は、はんだなどの負極側端子接合材 1 2 d によって図示されていない負極側端子 1 2 に接合されている。このとき、スイッチング素子 1 1 0 を多並列接続することによって、半導体素子の最大出力電流を増加させることができる。

[0034] スwitchング素子 1 1 0 の制御端子 1 3 (図 1 参照) は、ボンディングワイヤなどの制御信号線 1 3 d によって制御信号層 1 3 a に接続されており、制御信号層 1 3 a にはサージ電圧保護回路 1 0 を構成するダイオード 1 4、第 1 ツェナーダイオード 1 5、第 2 ツェナーダイオード 1 6、温度特性補償素子 1 7 がはんだ付けされている。すなわち、スイッチング素子 1 1 0 とサージ電圧保護回路 1 0 (ダイオード 1 4、第 1 ツェナーダイオード 1 5、第 2 ツェナーダイオード 1 6、温度特性補償素子 1 7) とは、同一の基板上に形成されている。このとき、半導体装置 1 0 0 において、第 1 ツェナーダイオード 1 5 と第 2 ツェナーダイオード 1 6 と温度特性補償素子 1 7 がそれぞれ近接するように配置することによって各部品の温度のばらつきを低減することができ、電気特性のばらつきを抑制することができる。

[0035] 図 8 は、半導体装置 1 0 0 を内蔵したパワーモジュール 2 0 0 の外観図である。

内部の半導体装置 1 0 0 からの信号線は下アーム制御信号線 1 3 c と上アーム制御信号線 1 3 b としてまとめられる。上アーム正極側端子 1 1 c と下アーム負極側端子 1 2 c、および上アーム負極端子・下アーム正極端子 1 8 の上面ははんだなど熱抵抗の小さい接合材料によって放熱フィン 2 2 に接合されている。側面は樹脂 2 1 によってモールドすることで異物の混入を防ぎ、また耐圧の向上を計っている。

[0036] 図 9 は、パワーモジュール 2 0 0 の内部構造を示す図であり、図 8 に示す放熱フィン 2 2 や樹脂 2 1 を取り除いた状態を示す図である。

[0037] 図 9 では、上アームとして用いる半導体装置 1 0 0 - 1 を 2 個、下アームとして用いる半導体装置 1 0 0 - 2 を 2 個設けた例を示す。上アームの正極

側端子導体 11a (図7 参照) ははんだなどの接合材によって上アーム正極側端子 11c に接続される。上アームの負極側端子 (図1 参照) および下アームの正極側端子 (図1 参照) は上アーム負極端子・下アーム正極端子 18 に接続される。下アームの負極側端子 (図1 参照) は下アーム負極側端子 12c に接続される。配線インダクタンスを低減するために上アーム正極側端子 11c と下アーム負極側端子 12c は近接して配置される。上アームおよび下アームの制御端子 (図1 参照) はそれぞれ上アーム制御信号線 13b、下アーム制御信号線 13c に接続される。

[0038] 第1 および第2 の実施形態においては、クランプ電圧の変動を抑制するサージ電圧保護回路 10、20 をスイッチング素子 110 の直近に配置することができるため、サージ電圧保護回路 10、20 の配線インダクタンスを低減することが可能となり、サージ電圧をクランプする際の応答速度を向上させることができる。また、クランプ電圧の変動を抑制するサージ電圧保護回路 10、20 にマイコンなどの制御装置を必要しないため、小型に構成することができ半導体装置 100、100' 若しくはパワーモジュール 200 の内部に搭載することが可能となる。

[0039] 図10 は、インバータ装置 300 を用いたモータ 400 の駆動回路を示す図である。

駆動回路は、インバータ装置 300 と、インバータ制御装置 320 と、モータ 400 と、位置センサ 410 と、電流センサ 420 と、を備える。

[0040] インバータ制御装置 320 は外部からのトルク指令 T^* 、電流センサ 420 で検出された三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w 、位置センサ 410 で検出された回転子位置 θ に基づいてインバータ装置 300 を PWM 制御する。

[0041] インバータ装置 300 は、半導体装置 100a ~ 100f により構成される。各半導体装置 100a ~ 100f は、図1 で示したスイッチング素子 110 およびサージ電圧保護回路 10 を内蔵する半導体装置 100 である。もしくは、各半導体装置 100a ~ 100f は、図4 で示したスイッチング素子 110 およびサージ電圧保護回路 20 を内蔵する半導体装置 100' であ

る。

[0042] 半導体装置100aはU相上アーム、半導体装置100bはU相下アーム、半導体装置100cはV相上アーム、半導体装置100dはV相下アーム、半導体装置100eはW相上アーム、半導体装置100fはW相下アームに配置される。

[0043] 半導体装置100a～100fは、インバータ制御装置320で生成されたスイッチング信号に基づいてスイッチング素子110がオンもしくはオフされ、直流電源から印加された直流電圧を交流電圧に変換する。変換された交流電圧は、モータ400の固定子に印加され、3相交流電流を発生させる。この3相交流電流がモータ400に回転磁界を発生させ、回転子が回転する。

[0044] 位置センサ410は、モータ400の回転子の位置を検出し、検出した回転子位置 θ をインバータ制御装置320へ出力する。電流センサ420は、モータ400に流れる電流を検出し、検出した三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w をインバータ制御装置320へ出力する。

[0045] 図11は、電動車両の構成を示す図である。

図11に示す電動車両は、ハイブリッド電気自動車の車体700にインバータ装置300を搭載し、モータ400を駆動する。インバータ装置300は、第1および第2の実施形態でそれぞれ説明した半導体装置100、もしくは半導体装置100'を有している。

[0046] インバータ装置300は、インバータ制御装置320から出力されるスイッチング信号に基づいて動作し、直流電力から交流電力への電力変換を行う。モータ400は、インバータ装置300から出力される交流電力を用いて駆動する。これにより、モータ400の駆動力を用いて電動車両が走行する。さらに、モータ400は回転駆動力を発生する電動機としてだけでなく、駆動力を受けて発電する発電機として動作する。すなわち、電動車両は、モータ400をモータ／ジェネレータとして適用したパワートレインである。

[0047] 車体700のフロント部には、前輪車軸701が回転可能に軸支されてお

り、前輪車軸 701 の両端には、前輪 702、703 が設けられている。車体 700 のリア部には、後輪車軸 704 が回転可能に軸支されており、後輪車軸 704 の両端には後輪 705、706 が設けられている。前輪車軸 701 には、動力分配機構であるデファレンシャルギア 711 が設けられており、エンジン 710 から変速機 712 を介して伝達された回転駆動力を左右の前輪車軸 701 に分配する。

[0048] エンジン 710 の出力軸は、モータ 400 の出力軸に直接または変速機 712 を介して機械的に連結されている。これにより、モータ 400 の回転駆動力がエンジン 710 に、エンジン 710 の回転駆動力がモータ 400 にそれぞれ伝達できるようになっている。

[0049] モータ 400 は、インバータ装置 300 によって制御された三相交流電力がステータのステータコイルに供給されることによって、ロータが回転し、三相交流電力に応じた回転駆動力を発生する。すなわち、モータ 400 は、インバータ装置 300 によって制御されて電動機として動作する一方、エンジン 710 の回転駆動力を受けてロータが回転することによって、ステータのステータコイルに起電力が誘起され、三相交流電力を発生する発電機として動作する。

[0050] インバータ装置 300 は、高電圧系（例えば 300 V）の直流電源である高圧バッテリー 500 から供給された直流電力を三相交流電力に変換し、運転指令値に従ってロータの磁極位置に応じた、モータ 400 のステータコイルに流れる三相交流電流を制御する。

[0051] モータ 400 によって発電された三相交流電力は、インバータ装置 300 によって直流電力に変換されて高圧バッテリー 500 を充電する。高圧バッテリー 500 は DC-DC コンバータ 724 を介して低圧バッテリー 723 に電氣的に接続されている。低圧バッテリー 723 は、自動車の低電圧系（例えば 12 V）の直流電源を構成するものであり、エンジン 710 を初期始動（コールド始動）させるスタータ 725 や、ラジオ、ライト等の補機類などの電源に用いられる。

- [0052] 電動車両が信号待ちなどの停車時（アイドルストップモード）にあるとき、エンジン710を停止させ、再発車時にエンジン710を再始動（ホット始動）させる時には、インバータ装置300でモータ400を駆動し、エンジン710を再始動させる。ただし、高圧バッテリー500の充電量が不足している場合や、エンジン710が十分に温まっていない場合などにおいては、アイドルストップモードであっても、エンジン710を停止せずに駆動を継続することが好ましい。また、アイドルストップモード中においては、エアコンのコンプレッサなど、エンジン710を駆動源としている補機類の駆動源を確保する必要がある。この場合、エンジン710の代わりにモータ400を駆動させて補機類の駆動源としてもよい。
- [0053] 一方、電動車両が加速モードや高負荷運転モードにあるときは、モータ400を駆動させてエンジン710の駆動をアシストする。逆に、高圧バッテリー500の充電が必要な充電モードにあるときは、エンジン710によってモータ400を発電させて高圧バッテリー500を充電する。さらに、電動車両の制動時や減速時などには回生モードとして、電動車両の運動エネルギーによりモータ400を発電させて高圧バッテリー500を充電してもよい。
- [0054] 本実施形態に係る電動車両においては、車体700の駆動力を発生させるモータ400はインバータ装置300によって制御されており、インバータ装置300はサージ電圧保護回路10、20によってサージ電圧から保護されている。
- [0055] したがって、サージ電圧保護回路10、20の温度変化に伴うクランプ電圧 V_{clamp} の変動は第2ツェナーダイオード16および温度特性補償素子17等によって抑制されているため、サージ電圧保護回路10、20を設計する際にスイッチング素子110の素子耐圧に対するクランプ電圧のマージンを低減することが可能となる。そのためサージ電圧保護回路10、20の部品温度によらずスイッチング素子110の素子耐圧に対して適正なマージンが確保されたクランプ電圧でスイッチング素子110が動作するため、スイッチング時間が短縮されてスイッチング損失が低減される。

[0056] その結果、走行時にインバータ装置３００で発生する発熱量が低減されるため冷却機構の小型化が可能となり、インバータ装置３００およびラジエターの小型化が可能となる。さらにインバータ装置３００で発生する損失が低減することによって消費電力量が低減され、電動車両の燃費が向上する。

[0057] また、インバータ装置３００で発生するスイッチング損失が低減されることにより、インバータ装置３００の冷却性能を向上させることなく最大スイッチング周波数を高周波化することが可能となる。これによりインバータ装置３００の直流電圧部に発生する電圧リップルの周波数が高周波化されるため、インバータ装置３００の電源入力端子と並列に接続される入力電圧平滑コンデンサの容量削減および小型化が可能となる。さらにインバータ装置３００の最大出力周波数を向上させることができるため、モータ４００の最高回転数を向上させることが可能となる。その結果、モータ４００が高速回転化に伴い小型化され、電動車両への搭載自由度が向上することで車内空間の拡大が可能となる。

[0058] 以上説明した実施形態によれば、次の作用効果が得られる。

(１) 半導体装置１００、１００' は、オンオフ制御されるスイッチング素子１１０と、スイッチング素子１１０の正極側端子とスイッチング素子１１０の制御端子との間に接続されるサージ電圧保護回路１０、２０と、を備え、サージ電圧保護回路１０、２０は、第１ツェナーダイオード１５と、第１ツェナーダイオード１５と直列に接続される第２ツェナーダイオード１６と、第１ツェナーダイオード１５および第２ツェナーダイオード１６とは温度係数の極性が異なり、かつ第２ツェナーダイオード１６に並列に接続される温度特性補償素子１７と、により構成される。これにより、電流値に因らずクランプ電圧のばらつきを抑制することができる。

[0059] 本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の特徴を損なわない限り、本発明の技術思想の範囲内で考えられるその他の形態についても、本発明の範囲内に含まれる。

符号の説明

[0060] 10、20・・・サージ電圧保護回路、11・・・正極側端子、12・・・負極側端子、13・・・制御端子、14・・・ダイオード、15・・・第1ツェナーダイオード、16・・・第2ツェナーダイオード、17・・・温度特性補償素子、21・・・樹脂、22・・・放熱フィン、100、100'・・・半導体装置、100a・・・U相上アーム半導体装置、100b・・・U相下アーム半導体装置、100c・・・V相上アーム半導体装置、100d・・・V相下アーム半導体装置、100e・・・W相上アーム半導体装置、100f・・・W相下アーム半導体装置、110・・・スイッチング素子、300・・・インバータ装置、320・・・インバータ制御装置、400・・・モータ、410・・・位置センサ、420・・・電流センサ、700・・・車体、701・・・前輪車軸、702、703・・・前輪、704・・・後輪車軸、705、706・・・後輪、710・・・エンジン、711・・・デファレンシャルギア、712・・・変速機、723・・・低圧バッテリー、724・・・DC-DCコンバータ、725・・・スタータ、VZD1・・・第1ツェナーダイオードのツェナー電圧、VZD2・・・第2ツェナーダイオードのツェナー電圧、VNTC・・・温度特性補償素子の電圧降下、Vclamp・・・クランプ電圧、 i_u ・・・U相電流検出値、 i_v ・・・V相電流検出値、 i_w ・・・W相電流検出値、 T^* ・・・トルク指令値、 ω ・・・角速度、 θ ・・・回転子位置。

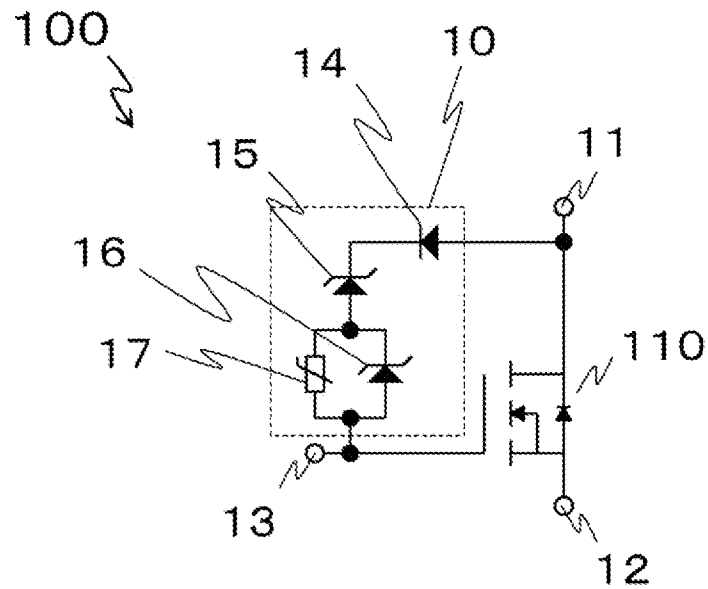
請求の範囲

- [請求項1] オンオフ制御されるスイッチング素子と、
 前記スイッチング素子の正極側端子と前記スイッチング素子の制御
 端子との間に接続されるサージ電圧保護回路と、を備え、
 前記サージ電圧保護回路は、第1 ツェナーダイオードと、前記第1
 ツェナーダイオードと直列に接続される第2 ツェナーダイオードと、
 前記第1 ツェナーダイオードおよび前記第2 ツェナーダイオードとは
 温度係数の極性が異なり、かつ前記第2 ツェナーダイオードに並列に
 接続される温度特性補償素子と、により構成される半導体装置。
- [請求項2] 請求項1 に記載の半導体装置において、
 前記サージ電圧保護回路は、前記第2 ツェナーダイオードとツェナ
 ー電圧が異なり、かつ前記第2 ツェナーダイオードに対して直列に接
 続される複数のツェナーダイオードと、 前記第1 ツェナーダイオー
 ド、前記第2 ツェナーダイオード、および前記複数のツェナーダイオ
 ードとは温度係数の極性が異なり、かつ前記複数の各ツェナーダイオ
 ードと並列に接続される温度特性補償素子と、により構成される半導
 体装置。
- [請求項3] 請求項1 に記載の半導体装置において、
 前記第2 ツェナーダイオードのツェナー電圧は前記第1 ツェナーダ
 イオードのツェナー電圧よりも低い半導体装置。
- [請求項4] 請求項1 に記載の半導体装置において、
 前記温度特性補償素子はサーミスタである半導体装置。
- [請求項5] 請求項1 から請求項4 までの何れか一項に記載の半導体装置を備え
 、
 前記スイッチング素子と前記サージ電圧保護回路とを同一の基板上
 に形成したパワーモジュール。
- [請求項6] 請求項5 に記載のパワーモジュールを備え、直流電圧を交流電圧に
 変換するインバータ装置。

[請求項7] 請求項6に記載のインバータ装置を備え、前記交流電圧によりモータを駆動する電動車両。

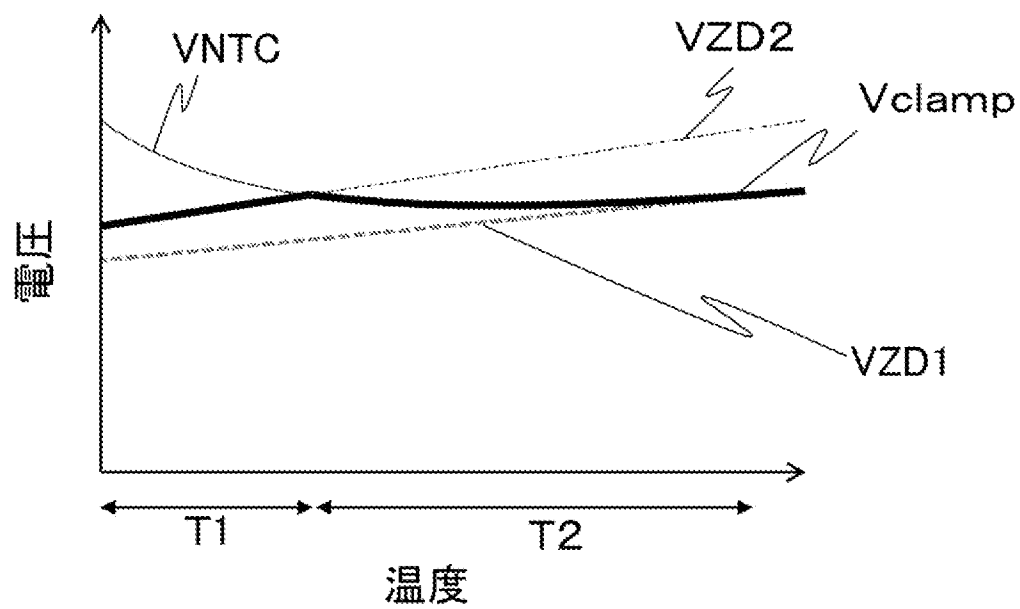
[図1]

図1



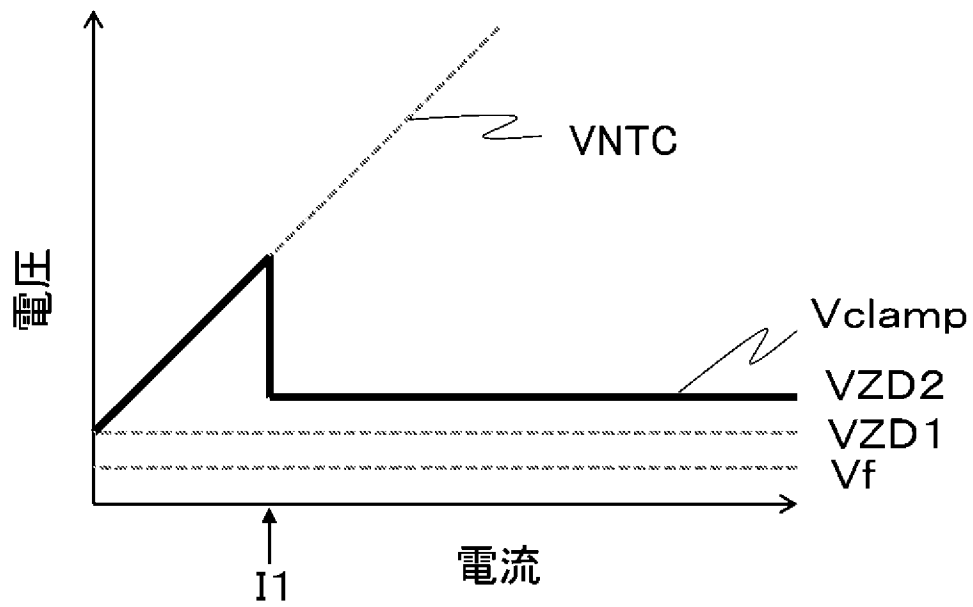
[図2]

図2



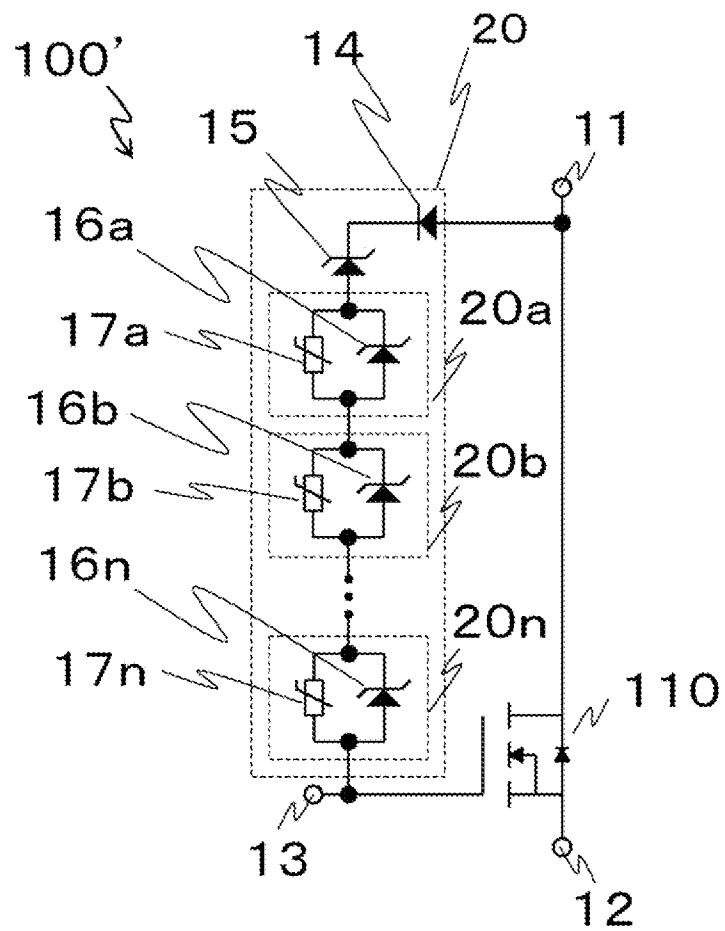
[図3]

図3



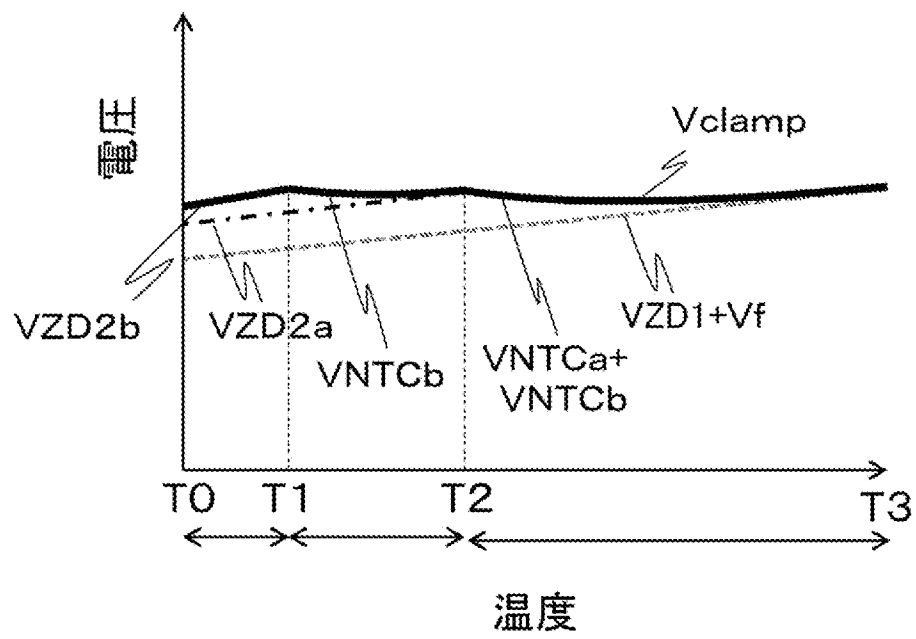
[図4]

図4



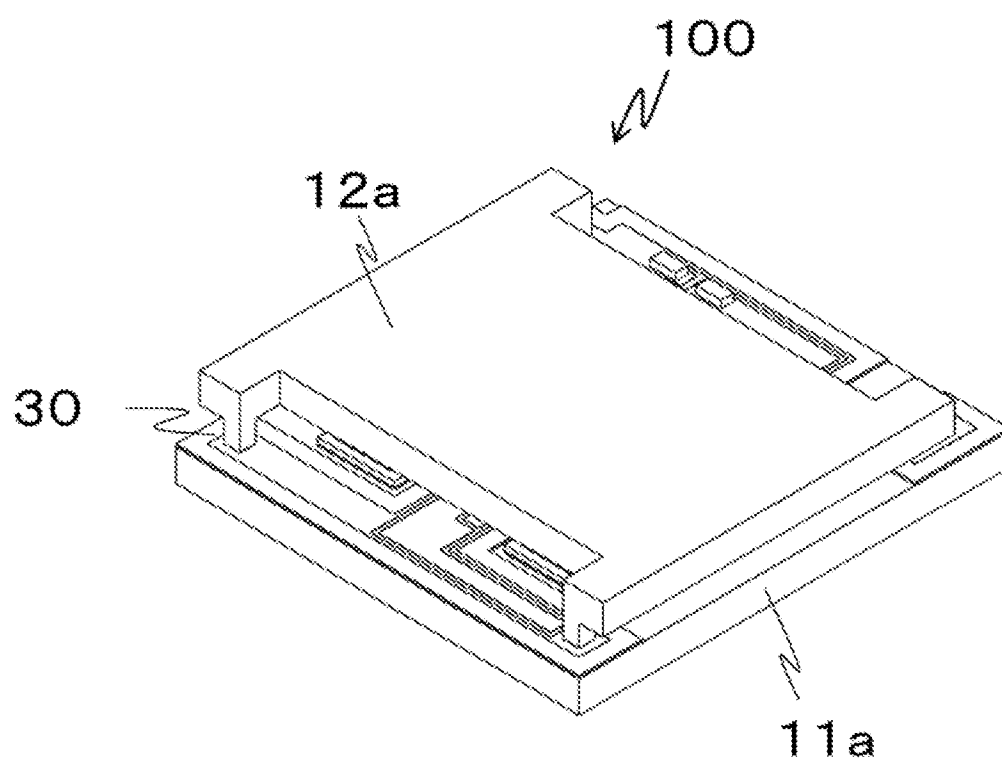
[図5]

図5

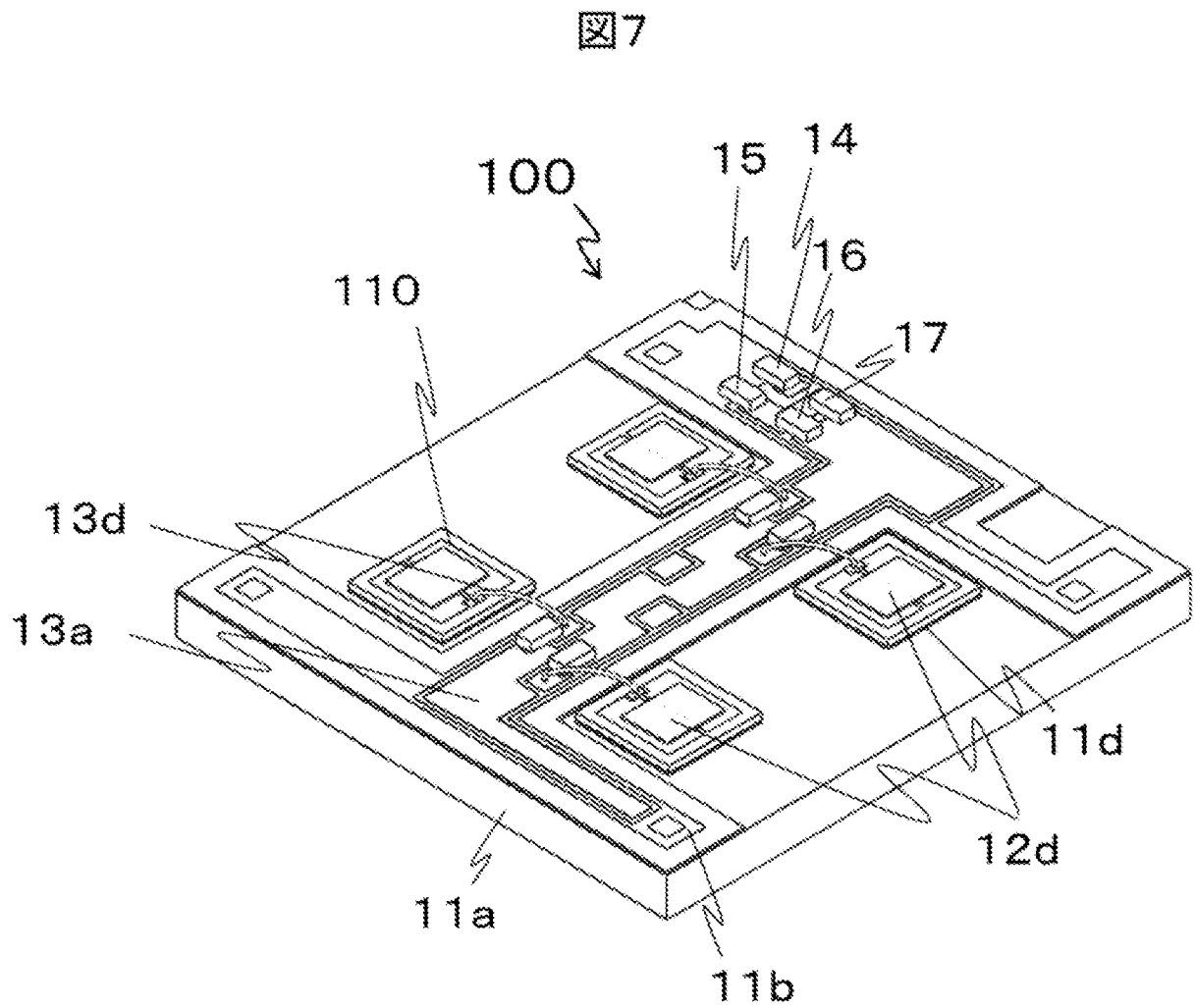


[図6]

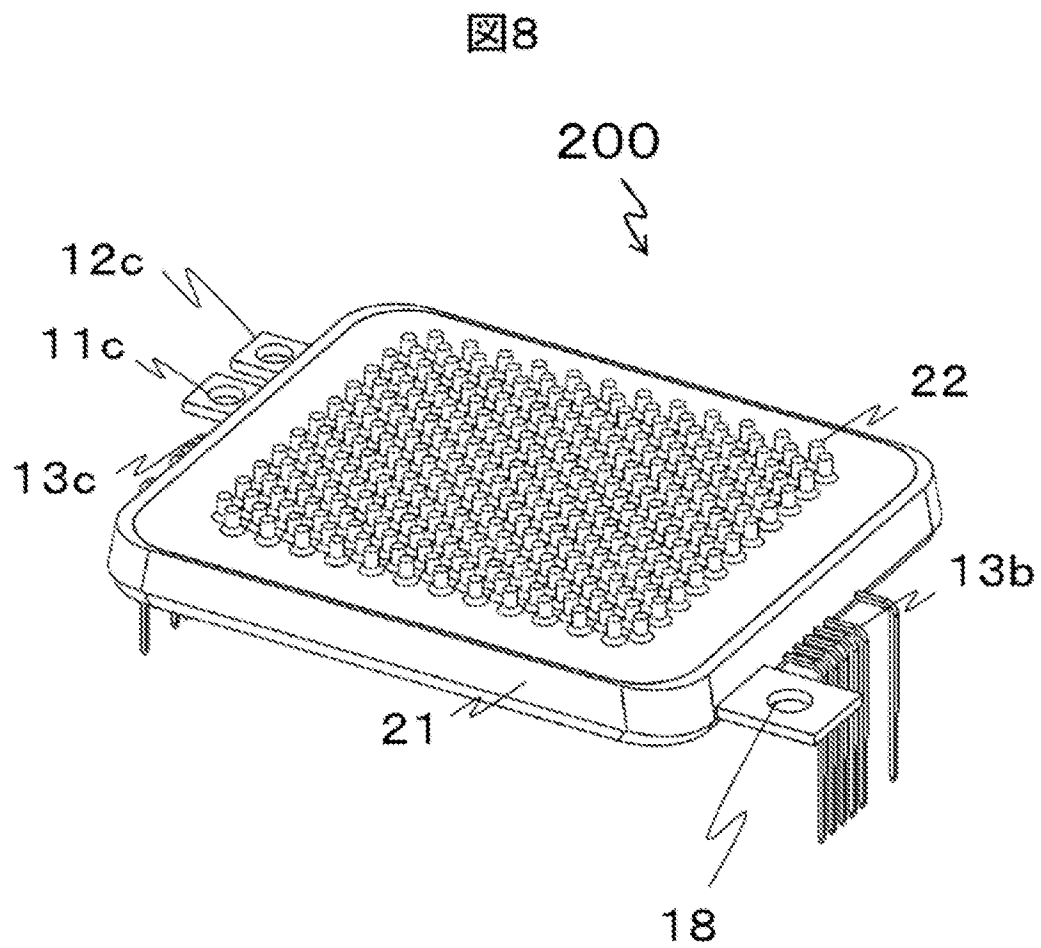
図6



[図7]

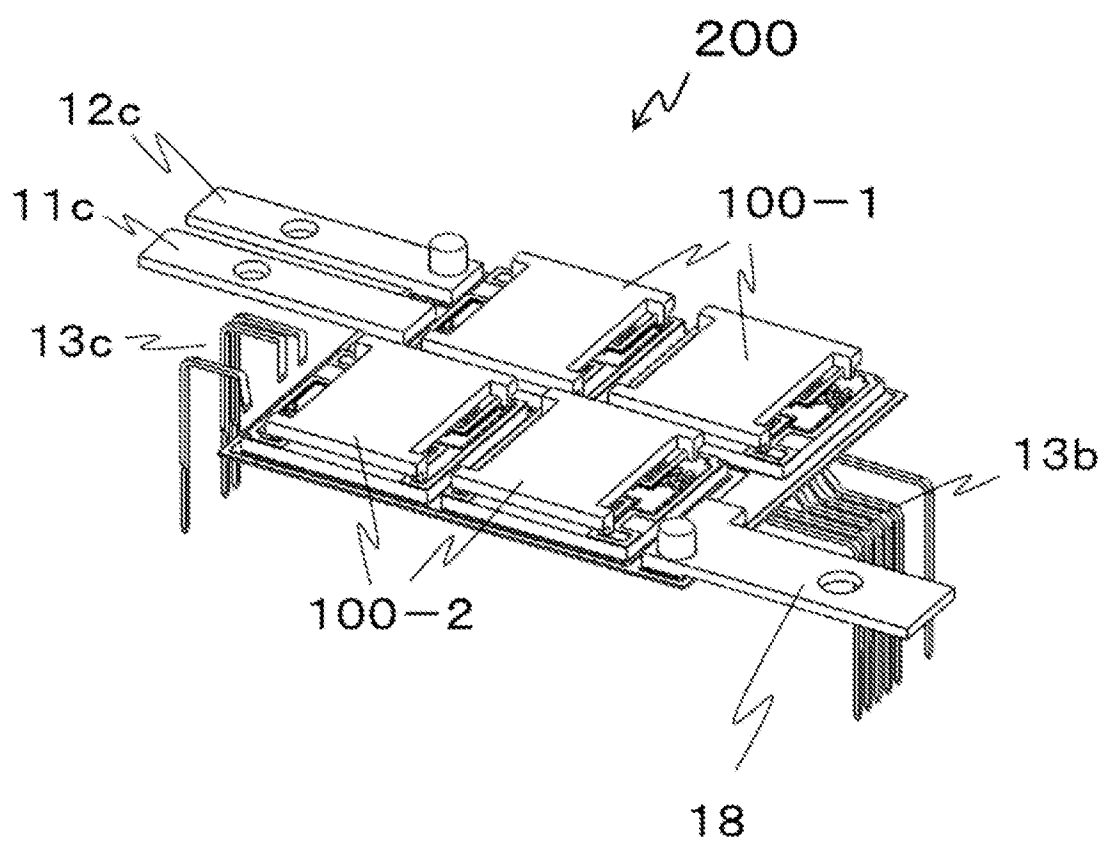


[図8]



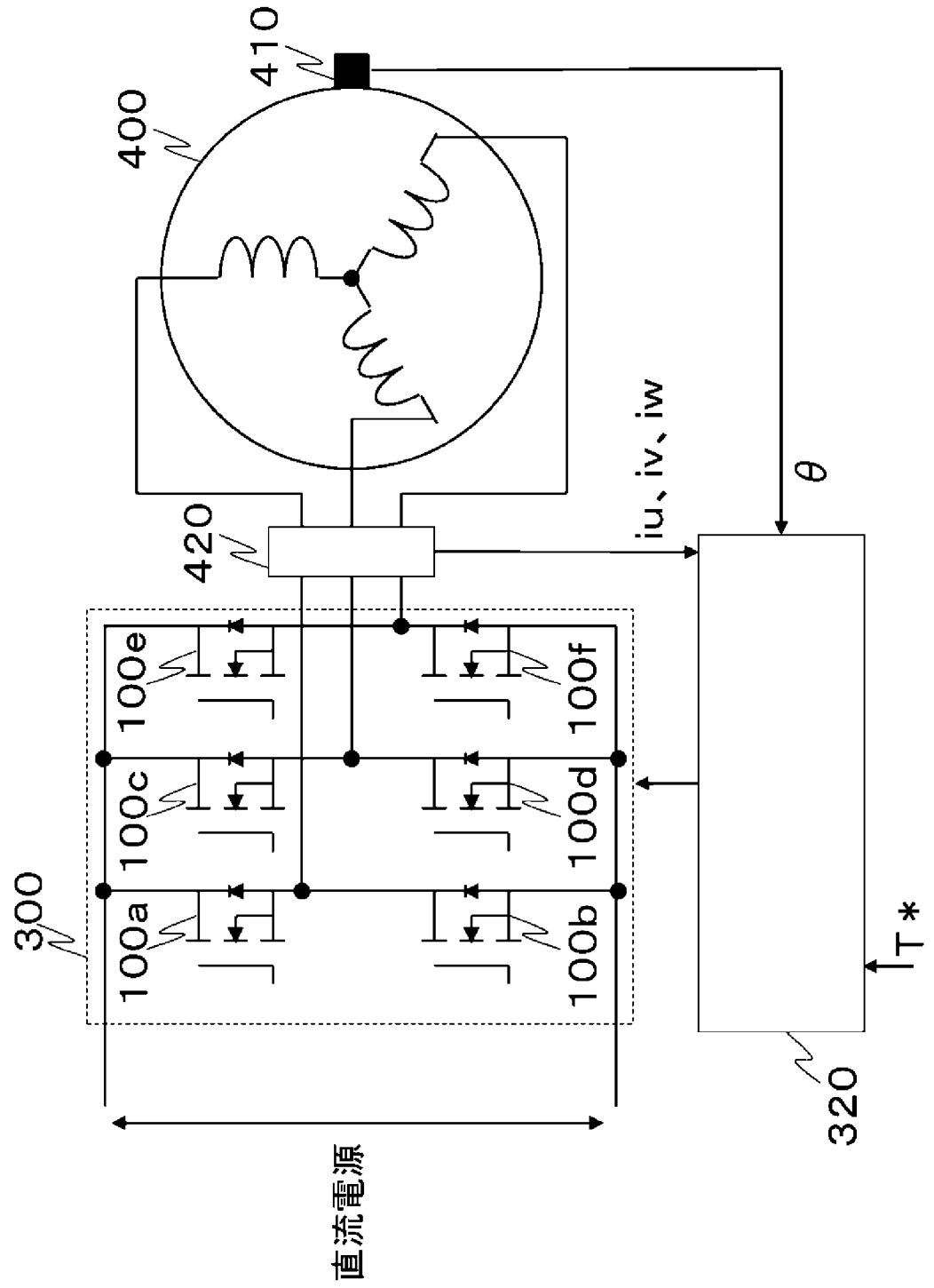
[図9]

図9



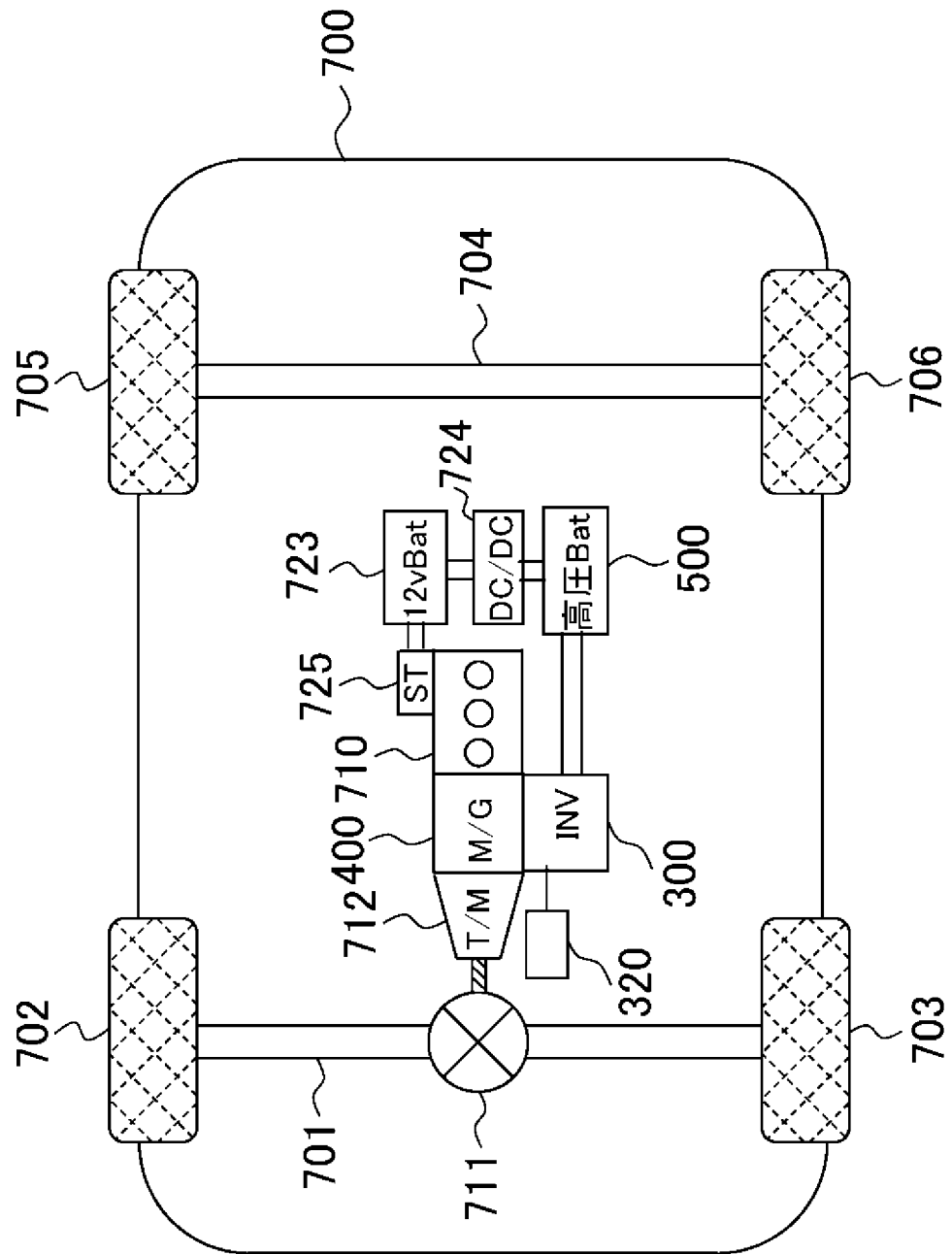
[図10]

図10



[図11]

図11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/001184

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02M1/00 (2007.01) i, H02M7/48 (2007.01) i
FI: H02M1/00 F, H02M7/48 M

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)

Int. Cl. H02M1/00, H02M7/48

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-540631 A (FREESCALE SEMICONDUCTOR INC.) 19 November 2009, entire text, all drawings	1-7
A	JP 9-163583 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 20 June 1997, entire text, all drawings	1-7
A	JP 60-15720 A (HITACHI SHOMEI KK) 26 January 1985, entire text, all drawings	1-7
A	JP 2019-47416 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 22 March 2019, entire text, all drawings	1-7
A	JP 2004-247877 A (DENSO CORP.) 02 September 2004, entire text, all drawings	1-7

☐ 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
09.04.2021

Date of mailing of the international search report
20.04.2021

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/001184

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2009-540631 A	19.11.2009	US 2007/0279106 A1 entire text, all drawings CN 101461137 A	
JP 9-163583 A	20.06.1997	(Family: none)	
JP 60-15720 A	26.01.1985	(Family: none)	
JP 2019-47416 A	22.03.2019	(Family: none)	
JP 2004-247877 A	02.09.2004	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02M 1/00(2007.01)i; H02M 7/48(2007.01)i FI: H02M1/00 F; H02M7/48 M		
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（IPC）） H02M1/00; H02M7/48		
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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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）		
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 2009-540631 A（フリースケール セミコンダクター インコーポレイテッド） 19.11.2009（2009-11-19） 全文、全図	1-7
A	JP 9-163583 A（三菱電機株式会社）20.06.1997（1997-06-20） 全文、全図	1-7
A	JP 60-15720 A（日立照明株式会社）26.01.1985（1985-01-26） 全文、全図	1-7
A	JP 2019-47416 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）22.03.2019（2019-03-22） 全文、全図	1-7
A	JP 2004-247877 A（株式会社デンソー）02.09.2004（2004-09-02） 全文、全図	1-7
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 09.04.2021		国際調査報告の発送日 20.04.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 山崎 雄司 5G 1159 電話番号 03-3581-1101 内線 3526

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/001184

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2009-540631	A	19.11.2009	US 2007/0279106 A1 全文, 全図 CN 101461137 A	
JP	9-163583	A	20.06.1997	(ファミリーなし)	
JP	60-15720	A	26.01.1985	(ファミリーなし)	
JP	2019-47416	A	22.03.2019	(ファミリーなし)	
JP	2004-247877	A	02.09.2004	(ファミリーなし)	