

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4177392号
(P4177392)

(45) 発行日 平成20年11月5日(2008.11.5)

(24) 登録日 平成20年8月29日(2008.8.29)

(51) Int. Cl.	F I	
HO2M 1/00 (2007.01)	HO2M 1/00	L
HO2M 1/08 (2006.01)	HO2M 1/00	R
HO2M 7/48 (2007.01)	HO2M 1/00	H
HO2M 7/5387 (2007.01)	HO2M 1/08	A
HO1L 21/822 (2006.01)	HO2M 7/48	M
請求項の数 2 (全 9 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2006-159665 (P2006-159665)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成18年6月8日(2006.6.8)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2007-330043 (P2007-330043A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成19年12月20日(2007.12.20)	(74) 代理人	100073759
審査請求日	平成18年6月8日(2006.6.8)		弁理士 大岩 増雄
		(74) 代理人	100093562
			弁理士 児玉 俊英
		(74) 代理人	100088199
			弁理士 竹中 考生
		(74) 代理人	100094916
			弁理士 村上 啓吾
		(72) 発明者	奥田 達也
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 半導体電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

温度検出手段を有する第1の半導体素子と、自身に流れる電流を検出する電流検出手段を有し、上記第1の半導体素子に並列接続された第2の半導体素子とにより構成されると共に、上記第1及び第2の半導体素子が同一の放熱板に千鳥状に配置された半導体電力変換回路と、

上記第1の半導体素子の温度検出手段から得られる温度情報にもとづき上記第1及び第2の半導体素子の過熱保護を行う過熱保護回路と、

上記第2の半導体素子の電流検出手段から得られる電流情報にもとづき上記第1及び第2の半導体素子の過電流保護を行う過電流保護回路と、

上記半導体電力変換回路の出力電流を検出する電流センサと、

上記過電流保護回路若しくは上記過熱保護回路の動作時における上記電流センサの検出値が予め定められた設定値以下の場合に、上記半導体電力変換回路の出力電流を抑制する手段とを備えたことを特徴とする半導体電力変換装置。

【請求項2】

上記第1及び第2の半導体素子はIGBTであることを特徴とする請求項1記載の半導体電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、複数の半導体素子が並列接続して構成される半導体電力変換装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

I G B T (I n s u l a t e d G a t e B i p o l a r T r a n s i s t o r) に代表されるパワー半導体素子を使用した半導体電力変換装置では、I G B Tをスイッチング動作させ、その通電比率を制御することで、その電力フローを調整している。このような半導体電力変換装置に過電流が流れた場合、I G B Tの温度が上昇し、破壊に至る場合がある。I G B Tの破壊を防止するため、I G B Tの温度を温度検出手段によって検出し、I G B Tの破壊に至る前にI G B Tの動作を停止する、若しくは、I G B Tの通電電流を制限するような保護回路が多数提案されている。

10

【0003】

例えば、特許文献1では、I G B Tを2チップ並列に備えている場合のI G B Tの過熱保護方法について説明しており、各I G B T上には温度検出用のダイオードが備えられている。そして、各ダイオードを並列接続するとともに1つの電流源から一定電流を流してダイオードの順方向電圧をモニタしている。ここで、ダイオードの順方向電圧は温度に対してリニアに減少する特性なので、温度検出装置は順方向電圧をモニタすることによって所望の検出温度に達したことを検出することができる。

【0004】

また、特許文献2では、複数の温度検出用ダイオードを直列接続した少なくとも2組に分け、定電流回路から各組の直列接続された温度検出用ダイオードに電流を供給し、各組の直列電圧降下を差分回路で差をとり、その差電圧が所定の電圧を越えた場合、I G B Tのいずれかが異常であると判断して信号を発することによって、複数の半導体素子の中の1つの半導体素子で温度上昇が発生した場合でも、正確に半導体素子の温度を検出することができる。

20

【0005】

【特許文献1】特許第3194353号

【特許文献2】特開2004-80865

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

上述した特許文献1に開示された従来例では、複数の温度検出用ダイオードを並列接続しているため、温度検出用ダイオードの特性ばらつきにより各温度検出用ダイオードを流れる電流にアンバランスが発生し、I G B Tの温度検出精度が悪化するという問題があった。また、全てのI G B Tが正常に動作している場合にはある程度正確な温度を検出できるものの、いずれか1つのI G B Tがオープン破壊した場合は、オープン破壊したI G B Tの温度は他のI G B Tに比べて極端に低くなることで、I G B Tの温度検出値が実温度よりも小さくなり、他のI G B Tまで連鎖的に破壊してしまうという問題があった。また、電流源は一つで構成できるものの、全ての温度検出用ダイオードに電流を通電する必要があるため、配線構造が複雑となり、コストアップや耐ノイズ性の悪化という問題があった。

40

【0007】

また、上述した特許文献2に開示された従来例では、正常なI G B Tと異常となったI G B Tの温度差が発生し、各組の温度検出用ダイオードの順方向電圧差が生じることを利用して、I G B Tの異常判定を行っている。ところが、各組の温度検出用ダイオードは直列接続されているため、温度検出用ダイオードの特性ばらつきにより、同一温度であった場合でも各組の温度検出用ダイオードの順方向電圧には差が生じるため、I G B Tの異常を判定するための閾値電圧をあまり低い値には設定できない。そのため、I G B Tの異常判定を行うためには、正常なI G B Tと異常となったI G B Tの温度差を発生させる必要があり、この温度差により、I G B Tが熱破壊してしまう恐れがあった。また、この従来

50

例では、電流源が2つ必要となるだけでなく、全ての温度検出用ダイオードに電流を通電する必要があるため、配線構造が複雑となり、コストアップや耐ノイズ性の悪化という問題があった。

【0008】

この発明は、以上のような問題点を解決するためになされたもので、複数の半導体素子が並列接続された半導体電力変換装置において、いずれか一つの半導体素子が故障した場合でも、簡易な回路構成で残りの半導体素子を故障から防止することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明による半導体電力変換装置は、温度検出手段を有する第1の半導体素子と、自身に流れる電流を検出する電流検出手段を有し、上記第1の半導体素子に並列接続された第2の半導体素子とにより構成されると共に、上記第1及び第2の半導体素子が同一の放熱板に千鳥状に配置された半導体電力変換回路と、上記第1の半導体素子の温度検出手段から得られる温度情報にもとづき上記第1及び第2の半導体素子の過熱保護を行う過熱保護回路と、上記第2の半導体素子の電流検出手段から得られる電流情報にもとづき上記第1及び第2の半導体素子の過電流保護を行う過電流保護回路と、上記半導体電力変換回路の出力電流を検出する電流センサと、上記過電流保護回路若しくは上記過熱保護回路の動作時における上記電流センサの検出値が予め定められた設定値以下の場合に、上記半導体電力変換回路の出力電流を抑制する手段とを備えたものである。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、複数の半導体素子が並列接続された半導体電力変換装置において、一方の半導体素子が故障した場合においても、もう一方の半導体素子を破壊から防止することができ、信頼性の高い半導体電力変換装置を得ることができる。

【0011】

実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1による、半導体電力変換装置の回路構成図である。ここでは半導体電力変換回路10として2個のIGBTが並列接続されたIGBTモジュールを示しており、外部端子としてコレクタ端子C、エミッタ端子E、ゲート信号端子Gが設けられている。IGBT1にはIGBT1の温度を検出するための温度検出用ダイオード3が、IGBT2にはIGBT2の電流を検出するための電流検出用セル4が備えられており、これらのIGBT1, 2は同一の放熱板(図示せず)に実装されている。

【0012】

過熱保護回路5は、温度検出用ダイオード3に順方向電圧を発生させるための定電流源5aと、温度検出用ダイオード3の順方向電圧と予め定められた基準電圧値とを比較する過熱判定用比較回路5bと、IGBT1が過熱状態と判定された場合にIGBT1及びIGBT2をオフさせる論理反転回路5cと、過熱状態を上位CPU7に伝達するためのバッファ5dにより構成される。

【0013】

過電流保護回路6は、電流検出用セル4を流れる電流値を電圧値に変換するためのセンス抵抗6aと、センス抵抗6aに発生する電圧値と予め定められた基準電圧値とを比較する過電流判定用比較回路6bと、IGBT2が過電流状態と判定された場合にIGBT1及びIGBT2をオフさせる論理反転回路6cと、過電流状態を上位CPU7に伝達するためのバッファ6dにより構成される。

【0014】

並列接続されたIGBT1とIGBT2は、バッファ回路8を通して共通のゲート信号Gにより駆動されるが、過熱保護回路5若しくは過電流保護回路6が動作した場合は、AND回路9によりIGBT1とIGBT2はオフされる。

【0015】

次に、過熱保護及び過電流保護の基本動作について説明する。

温度検出用ダイオード3は、温度が高くなると順方向電圧が低下するという負の温度依存性を有しており、この性質を利用してIGBT1の温度を検出することができる。過熱判定用比較回路5bは、IGBT1の温度と予め設定されている基準温度を比較し、過熱状態と判断した場合は論理反転回路5c及びAND回路9を介してIGBT1とIGBT2をオフさせると共に、上位CPU7に過熱状態であることを伝達する。温度検出用ダイオード3と過熱判定用比較回路5bは1対1で対応しているため、過熱判定用比較回路5bは温度検出用ダイオード3の特性ばらつきを加味した条件に調整することが可能であり、過熱判定温度の高精度化を図ることが可能である。電流検出用セル4にはIGBT2に比例した電流（通常は数千～数万分の1）が流れるため、センス抵抗6aの電圧をモニタすることで、IGBT2を流れる電流を検出することができる。

10

【0016】

過電流判定用比較回路6bは、IGBT2を流れる電流と予め設定されている基準電流値を比較し、過電流状態と判断した場合は論理反転回路6c及びAND回路9を介してIGBT1とIGBT2をオフさせると共に、上位CPU7に過電流状態であることを伝達する。

このように、過熱保護回路5と過電流保護回路6を備えることにより、IGBTの過熱破壊や過電流破壊から防ぐことができ、信頼性の高い半導体電力変換装置を実現することが可能となる。

【0017】

次に、いずれか一方のIGBTが故障した場合の動作について説明する。

20

IGBT1がオープン故障した場合、IGBT2に流れる電流値は2倍となるため、IGBT2の温度上昇幅が約2倍となり、温度検出用ダイオード3が設けられていないIGBT2まで熱破壊し、電力変換回路として機能しなくなることが懸念される。しかし、本実施の形態では、IGBT2には電流検出用セルが設けられているため、IGBT2が熱破壊に至るような過電流が流れる前に、過電流検出回路6によりIGBT2をオフすることで、IGBT2の過熱破壊を防止することが可能となる。

【0018】

特に、過電流保護回路6が動作する電流閾値を、過熱保護回路5が動作する電流値以下にすることで、IGBT2の過熱破壊をより確実に防止することが可能となる。これを、図2を用いて説明する。

30

I_limit1 は正常動作時の過電流保護動作レベル、 I_limit2 は正常時の過熱保護が動作する電流値レベル、 I_limit3 はIGBT1がオープン故障した場合の過電流保護レベルであり、本実施の形態では、 I_limit1 を I_limit2 以下の値に設定している。IGBT1がオープン故障した場合、IGBT2に流れる電流値及び電流検出用セルを流れる電流値は2倍となるため、過電流保護動作レベル I_limit3 は正常時に比べ、約2分の1の値となる。これにより、出力電流が増加してIGBT2が過熱保護動作レベル T_limit に到達する前に、IGBT2の過電流保護を確実に動作させることが可能となる。

その結果、出力電流が I_limit3 以下ではIGBT2のみを用いた通常動作を行い、出力電流が I_limit3 以上となる場合はIGBT2の過電流保護が動作することで、IGBT2の過熱破壊防止が可能となり、信頼性と冗長性の高い半導体電力変換装置を実現することが可能となる。

40

【0019】

このように本実施の形態1によれば、温度検出手段3を有する第1のIGBT1と電流検出手段4を有する第2のIGBT2を並列接続し、第1及び第2の半導体素子1,2をスイッチ動作させる半導体電力変換回路10と、第1のIGBT1の温度検出手段3から得られる温度情報にもとづき第1及び第2のIGBT1,2の過熱保護を行う過熱保護回路5と、第2のIGBT2の電流検出手段4から得られる電流情報にもとづき第1及び第2のIGBT1,2の過電流保護を行う過電流保護回路6とを備えることにより、一方のIGBTが故障した場合においても、もう一方のIGBTを破壊から防止することができ、信頼性の高い半導体電力変換装置を実現することが可能になる。

50

また、過電流保護回路6が動作する電流閾値を、過熱保護回路5が動作する電流値以下にすることで、一方のIGBTが故障した場合においても、もう一方のIGBTを過熱破壊からより確実に防止することができ、より信頼性の高い半導体電力変換装置を実現することが可能になる。

なお、IGBT1には電流検出用セル4は表記しておらず、またIGBT2には温度検出用ダイオード3は表記していないが、IGBT1、IGBT2共に温度検出用ダイオード3と電流検出用セル4を共に備え、いずれか一方の機能をマスクすることでも同様の効果が得られるのは言うまでもない。

【0020】

実施の形態2 .

10

図3は、この発明の実施の形態2による半導体電力変換装置の回路構成図であり、半導体電力変換回路10の出力電流を検出することで、より信頼性と冗長性の高い半導体電力変換装置を得るものである。

図3において、電流センサ11はIGBT1とIGBT2の合計電流である半導体電力変換回路10の出力電流を検出しており、電流センサ11の出力はCPU7に入力される。CPU7は過電流保護回路5若しくは過熱保護回路6が動作した場合、保護動作時の電流センサ11の検出値と予め定められた設定値を比較する。

この時、IGBTが共に正常な場合は電流センサ出力値は I_limit1 以上の値となるが、いずれかのIGBTがオープン故障している場合は I_limit3 程度の値となる。したがって、保護動作時の電流センサ出力が設定値以上の場合はIGBT1とIGBT2が共に正常であり、設定値以下の場合はいずれかのIGBTが故障していると判定できる。

20

いずれかのIGBTが故障と判定された場合は、CPU7の電流制限機能により半導体電力変換回路10の出力電流を2分の1以下に抑制することで、もう一方のIGBTの破壊を防止し、信頼性と冗長性の高い半導体電力変換装置を実現することが可能となる。

IGBT2がオープン故障した場合は、IGBT1に流れる電流値は2倍となるため、IGBT1の温度上昇幅が約2倍となるが、IGBT1には温度検出用ダイオード4により温度検出しているため、IGBT1の過熱破壊を防止することが可能である。

【0021】

ここで図4, 5を用いてIGBTが故障した場合のCPU7の電流制限機能について説明する。

30

CPU7は、図4のように電流指令 I^* と実電流値 I を比較し、両者が等しくなるような制御信号を生成する制御器72と、半導体電力変換回路10がその許容電流を超えないようにするための電流制限器71を有している。そして、図5に示すように、IGBTが正常に動作している場合の最大電流 I_{max} は $I0$ であるが、いずれかのIGBTが故障と判定した場合は、最大電流を $I1$ に変更し、上位コントローラに半故障信号を送信する。ここで、 $I1$ は $I0$ の2分の1以下の値とする。全IGBTが故障と判断した場合は、最大電流を0とし、電力変換回路10の動作を停止させ、上位コントローラに故障信号を送信する。

なお、ここでは1つのCPUに制御信号生成機能と電流制限機能を集約させて説明したが、複数のCPUに機能分担させても良い。

【0022】

40

このように本実施の形態2によれば、複数のIGBTが並列接続された半導体電力変換回路10の出力電流を検出する電流センサ11と、過電流保護回路6または過熱保護回路5が動作する時の電流センサ11の検出値が所望の設定値以下の場合に出力電流を抑制する手段を設けることで、IGBTの故障情報を把握することができ、より信頼性と冗長性の高い半導体電力変換装置を実現することが可能になる。

【0023】

実施の形態3 .

図6, 7は、この発明の実施の形態3による3相インバータ装置の回路構成図及びインバータブリッジを構成するIGBTの配置構成図である。

図6において、3相インバータ回路12は、温度検出用ダイオード3が備えられた2個

50

の I G B T からなる 3 組の I G B T モジュール 1 a、1 b、1 c と、電流検出用セル 4 が備えられた 2 個の I G B T からなる 3 組の I G B T モジュール 2 a、2 b、2 c とで構成され、バッテリー 1 3 から供給された直流電力を交流電力に変換する。

そして、3 相インバータ回路 1 2 の各ブリッジアームは、I G B T モジュール 1 a、1 b、1 c と I G B T モジュール 2 a、2 b、2 c の I G B T をそれぞれ一つずつ並列接続して形成され、並列接続された I G B T には、それぞれ実施の形態 1 で示したように過熱保護回路 5、過電流保護回路 6 が設けられている。

さらに、図 7 に示すように、I G B T モジュール 1 a、1 b、1 c と、I G B T モジュール 2 a、2 b、2 c とは、それぞれ交互に入れ違いとなるように、同一の放熱板 1 4 に千鳥状に配置される。

10

【0024】

I G B T の過熱破壊が発生する主たる要因は I G B T の過電流通電であるが、冷却性能ばらつきがある場合においても I G B T の過熱破壊が起こる場合がある。したがって、全ての I G B T の温度検出を行わない半導体電力変換装置では、各 I G B T の冷却性能ばらつきを抑制することが重要となる。

【0025】

本実施の形態では、3 相インバータ回路 1 2 を構成する全ての I G B T モジュールを同一の放熱板 1 4 上に設け、各 I G B T モジュール間のサーマルカップリングを積極的に行うことで、各 I G B T モジュールの冷却性能ばらつきを抑制することが可能となる。

さらに、温度検出用ダイオード 3 を備えた I G B T モジュール 1 a、1 b、1 c と、電流検出用セル 4 を備えた I G B T モジュール 2 a、2 b、2 c を、交互に入れ違いとなるように放熱板 1 4 に千鳥配置することで、冷却性能ばらつきも抑制することが可能となる。

20

【0026】

このように本実施の形態によれば、3 相インバータ回路 1 2 の各ブリッジアームを、温度検出用ダイオード 3 が備えられている I G B T モジュール 1 a、1 b、1 c と、電流検出用セル 4 が備えられている I G B T モジュール 2 a、2 b、2 c の I G B T をそれぞれ一つずつ並列接続して形成し、かつ、全ての I G B T モジュールを同一の放熱板 1 4 に千鳥状に配置することにより、冷却性能ばらつきを抑制し、信頼性の高い 3 相インバータ装置を実現することが可能になる。

30

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図 1】この発明の実施の形態 1 による半導体電力変換装置の回路構成図である。

【図 2】実施の形態 1 の保護動作を説明するための図である。

【図 3】実施の形態 2 による半導体電力変換装置の回路構成図である。

【図 4】実施の形態 2 における C P U の構成図である。

【図 5】実施の形態 2 による C P U の電流制限機能を説明するためのフロー図である。

【図 6】実施の形態 3 による 3 相インバータ装置の回路構成図である。

【図 7】実施の形態 3 による 3 相インバータ装置のブリッジアームを構成する I G B T の配置構成図である。

40

【符号の説明】

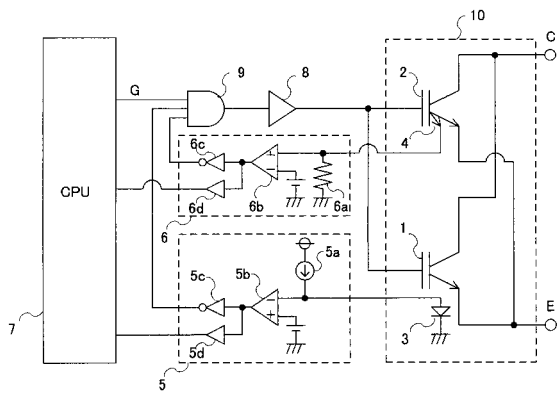
【0028】

- 1 I G B T
- 2 I G B T
- 3 温度検出用ダイオード
- 4 電流検出用セル
- 5 過熱保護回路
- 5 a 定電流源
- 5 b 過熱判定用比較回路
- 5 c 論理反転回路

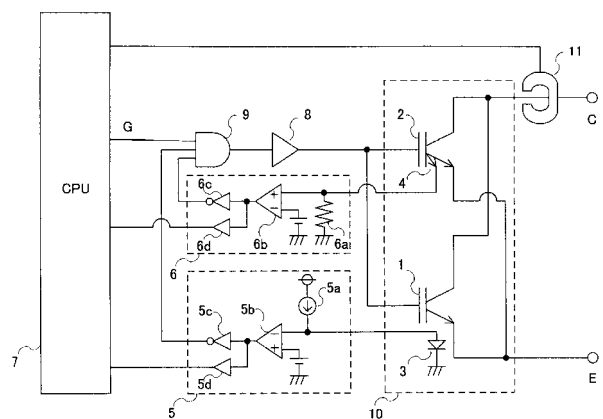
50

- 5 d バッファ
- 6 過電流保護回路
- 6 a センス抵抗
- 6 b 過電流判定用比較回路
- 6 c 論理反転回路
- 6 d バッファ
- 7 CPU
- 8 バッファ回路
- 9 AND回路
- 10 半導体電力変換回路
- 11 電流センサ
- 12 3相インバータ回路
- 13 バッテリ
- 14 放熱板
- 1 a、1 b、1 c IGBTモジュール
- 2 a、2 b、2 c IGBTモジュール

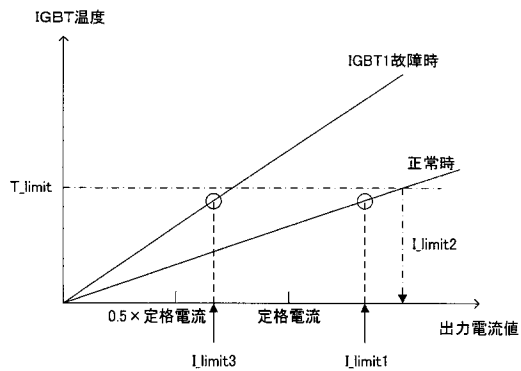
【図1】



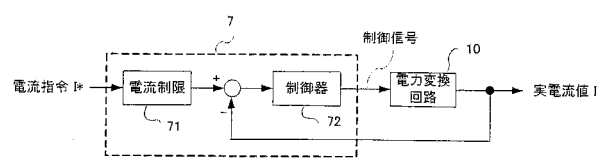
【図3】



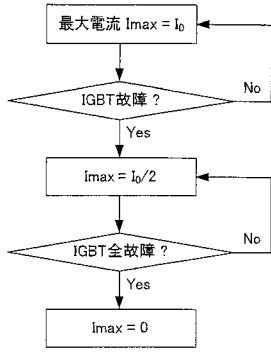
【図2】



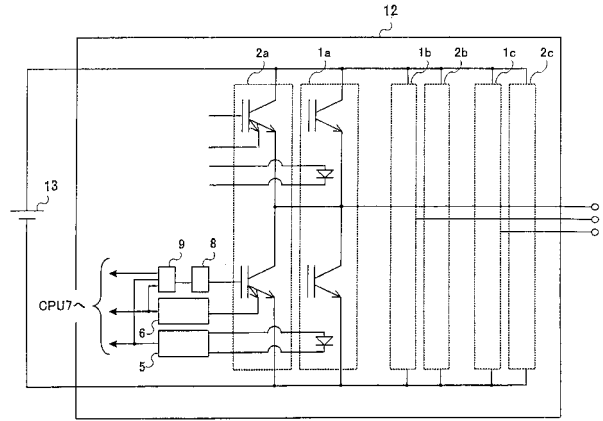
【図4】



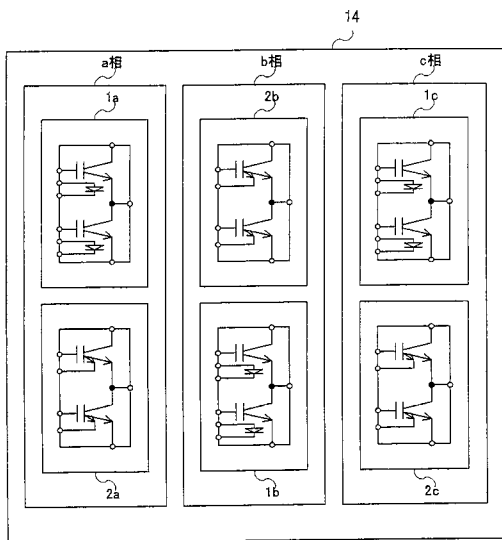
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 27/04 (2006.01) H 0 2 M 7/5387 Z
H 0 1 L 27/04 H

(72)発明者 道中 拓也
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 杉浦 貴之

(56)参考文献 特開2002-222920(JP,A)
特開平11-299221(JP,A)
特開2000-209776(JP,A)
特開2003-009546(JP,A)
特開平11-289749(JP,A)
特許第3194353(JP,B2)
特開2004-80865(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 2 M 1 / 0 0
H 0 1 L 2 1 / 8 2 2
H 0 1 L 2 7 / 0 4
H 0 2 M 1 / 0 8
H 0 2 M 7 / 4 8
H 0 2 M 7 / 5 3 8 7