

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3633432号

(P3633432)

(45) 発行日 平成17年3月30日(2005.3.30)

(24) 登録日 平成17年1月7日(2005.1.7)

(51) Int.Cl.⁷

F I

H O 2 M 7/48

H O 2 M 7/48

Z

H O 1 L 25/07

H O 2 M 1/00

F

H O 1 L 25/18

H O 1 L 25/04

C

H O 2 M 1/00

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-97816 (P2000-97816)
 (22) 出願日 平成12年3月30日(2000.3.30)
 (65) 公開番号 特開2001-286158 (P2001-286158A)
 (43) 公開日 平成13年10月12日(2001.10.12)
 審査請求日 平成15年11月10日(2003.11.10)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100075096
 弁理士 作田 康夫
 (72) 発明者 白川 真司
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作所 日立
 研究所内
 (72) 発明者 福本 英士
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作所 日立
 研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置及び電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ブリッジ接続された少なくとも2個の半導体スイッチと、少なくとも1つの出力端子と、少なくとも2つの直流端子対と、前記出力端子と前記半導体スイッチとを接続する第1の導体と、前記直流端子対と前記半導体スイッチとを接続する第2の導体と、前記半導体スイッチを含む筐体とを有し、前記第2の導体の少なくとも一部は導体間に絶縁体を挟む積層構造を有し、前記少なくとも2つの直流端子対を前記筐体の一面の1辺に設けたことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】

ブリッジ接続された6個の半導体スイッチと、1組の3相交流端子と、少なくとも2つの直流端子対と、前記3相交流端子と半導体スイッチとを接続する第1の導体と、前記直流端子対と半導体スイッチとを接続する第2の導体と、前記半導体スイッチを含むケース及び底板とを有し、前記第2の導体の少なくとも一部は導体間に絶縁体を挟む積層構造を有し、前記少なくとも2つの直流端子対を前記ケース上面の1辺に設けたことを特徴とする半導体装置。

【請求項3】

半導体装置内の半導体スイッチをブリッジ接続する正極側導体と負極側導体の少なくとも一部とにより絶縁体を挟み、前記正極側導体と前記負極側導体に対となるように正極直流端子と負極直流端子を少なくとも2つずつ設け、前記正極直流端子と前記負極直流端子を半導体装置のケース上面の1辺に設けたことを特徴とする半導体装置。

10

20

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、
対となる直流端子間のそれぞれに少なくとも 1 つのコンデンサを接続したことを特徴とする半導体装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、
前記導体の少なくとも一部は、底板上に、絶縁体を介して設けられていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか記載の半導体装置と前記半導体装置の直流端子に接続された電
解コンデンサとを有する電力変換装置。 10

【請求項 7】

請求項 6 において、前記電解コンデンサの一方の端子が前記半導体装置の正極側の直流端子に接続され、前記電解コンデンサの他方の端子が前記半導体装置の負極側の直流端子に接続され、
これらの接続は、複数の導体間に絶縁体を積層した導体板で実現されたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項 8】

請求項 7 において、
前記電解コンデンサの一方の端子が前記半導体装置の正極側の直流端子の一方に接続され
、前記電解コンデンサの他方の端子が前記半導体装置の負極側の直流端子の一方に接続され
たことを特徴とする電力変換装置。 20

【請求項 9】

請求項 8 において、
前記半導体装置は、直流を可変電圧かつ可変周波数の交流に変換し、前記電解コンデンサは、直流の変動抑制することを特徴とする電力変換装置。

【請求項 10】

交流が入力される 3 相交流端子を有する請求項 2 記載の半導体装置と、該半導体装置の直流端子に接続された電解コンデンサと、電解コンデンサに直流端子が接続される請求項 2 記載の半導体装置とを有することを特徴とする電力変換装置。 30

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、半導体装置及び電力変換装置に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

従来、半導体装置内配線構造については、特開平 7 - 3 1 1 5 5 2 号公報が、電力変換装置で電解コンデンサと半導体装置を接続する配線構造については、特開平 8 - 1 4 0 3 6 3 号公報がある。これらの技術は、スイッチング時の損失増加と素子耐圧を越える電圧発生の要因となるインダクタンスを減少させるため、半導体装置内配線と、電力変換装置
における電解コンデンサと半導体装置を接続する配線において、正極側配線と負極側配線を流れる電流の向きが互いに逆になるように積層構造化することを開示する。 40

【0003】**【発明が解決しようとする課題】**

上記従来技術は、スイッチング時の損失増加と素子耐圧を越える電圧発生の要因となるインダクタンスを、半導体装置内配線と、電力変換装置における電解コンデンサと半導体装置を接続する配線において、個別に低減するものである。上記従来技術では、電解コンデンサと半導体装置を接続する配線と半導体装置直流端子の接続部で生じるインダクタンス等を含めたインダクタンス全体の低減について、配慮されていない。本発明の目的は、インダクタンスを低減できる半導体装置及び電力変換装置を提供するものである。 50

【 0 0 0 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明の一つの見方によれば、本発明の一つの特徴は、半導体装置内の半導体スイッチをブリッジ接続する正極側導体と負極側導体の少なくとも一部を、絶縁体を挟むことで積層化し、前記正極側導体と負極側導体に対となるように正極直流端子と負極直流端子を少なくとも2つずつ設け、前記正極直流端子と負極直流端子を半導体装置のケース上面の1辺に設けたことを特徴とする半導体装置、又は前記半導体装置を用いた電力変換装置である。

【 0 0 0 5 】

本明細書において、半導体装置の筐体は、少なくともケースと底板を有している。また、正極直流端子と負極直流端子を単に直流端子と称することも有る。また、2個の正極直流端子又は2個の負極直流端子が一对となっている場合、それぞれ直流端子対と称することも有る。

10

【 0 0 0 6 】

本発明の上記特徴及びその他の特徴は、以下の記載により、さらに明確とされる。

【 0 0 0 7 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の例を、図1から図9に基づいて説明する。図1から図9において、同じもの及び同じ機能を有するものは同じ符号を付した。また、図を分かり易くするため、半導体スイッチを駆動するドライブ回路は省略している。

20

【 0 0 0 8 】

図8は、電力変換装置の回路構成の一例を示している。図8において、30a, 30bは半導体装置、31は三相交流電源、32は入力電線、33aは主回路配線、33bは主回路配線、27は電解コンデンサ、34は出力配線、35は誘導電動機（負荷とも呼ばれる）である。前記半導体装置30a, 30bはIPM、又はパワーMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）やIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）等のパワー半導体スイッチ素子で構成されている。

【 0 0 0 9 】

半導体装置30bは三相交流電源31を直流に変換しているため、半導体装置30bは三相交流電源31を合わせて直流電源と見なすことができる。従って、入力電源がバッテリー等の直流電源の場合、図8の電力変換装置は半導体装置30bと三相交流電源31と入力電線32を直流電源に置き替えた装置構成になる。本実施の形態において、半導体装置30bと三相交流電源31と入力電線32の組み合わせも直流電源と称することがある。

30

【 0 0 1 0 】

上記半導体装置30aは電解コンデンサ27で平滑化された直流電圧を入力とし、可変電圧、可変周波数の交流をU相V相W相の3相交流を出力配線34へ出力する。誘導電動機35は出力配線34を通じて供給される電流・電圧により駆動される。

【 0 0 1 1 】

また、図8中には示していないが、電力変換装置には、上記の構成物の他に、前記半導体装置30aや30bのスイッチング動作を制御する制御回路となる回路基板と、前記半導体装置30aや30bを冷却するための冷却フィン、冷却ファン等を更に含んでも良い。

40

【 0 0 1 2 】

図9は、直流を入力し、UVW三相交流を出力するための半導体装置30aの構成の一例を示した図である。図9において、30aは半導体装置、18a, 18b, 18c, 18d, 18e, 18fは半導体スイッチ、19a, 19b, 19c, 19d, 19e, 19fはダイオード、20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20fは半導体スイッチ制御端子、3は正極端子、2は負極端子、4はW相出力端子、5はV相出力端子、6はU相出力端子であり、4, 5, 6で一組の三相交流端子である。正極端子3と負極端子2間には直流電圧が印加されている。また、図を分かり易くするため、半導体スイッチのオンオ

50

フ信号を駆動するドライブ回路は省略している。ドライブ回路からの制御信号は半導体スイッチ制御端子20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20fを介して半導体スイッチ18a, 18b, 18c, 18d, 18e, 18fのスイッチングを制御する。

【0013】

半導体スイッチ18a, 18b, 18c, 18d, 18e, 18fには、パワーMOSFET或いはIGBTが用いられる。半導体スイッチにパワーMOSFETを用いる場合、前記パワーMOSFETは素子構造的にダイオードを含んでいるため、半導体スイッチ18aとダイオード19aを1チップで構成することができる。したがって、半導体スイッチにパワーMOSFETを用いる場合にはダイオードを別部品として実装しなくて良い。

【0014】

半導体スイッチ18aと半導体スイッチ18bが、半導体スイッチ18cと半導体スイッチ18dが、半導体スイッチ18eと半導体スイッチ18fはそれぞれブリッジ接続されている。半導体装置30aは半導体スイッチ制御端子20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20fにPWM(PULSE Width Modulation)制御信号電圧を印加し、ブリッジ接続されたそれぞれの半導体スイッチ18a, 18b, 18c, 18d, 18e, 18fのオン(開), オフ(閉)の時間を制御することで、可変周波数・可変電圧の三相交流を三相交流出力端子4, 5, 6から負荷35へ出力するものである。

【0015】

上記UVW三相交流を出力する装置構成としては正極端子3, 負極端子2, ブリッジ接続した半導体スイッチ18a, 18b、出力端子6で構成した半導体装置を3つ用いても実現できる。本発明は半導体スイッチの個数、ブリッジ回路の個数に依存しない箇所の配線構造に関するものなので、ブリッジ接続された少なくとも2個の制御可能な半導体スイッチと、少なくとも1つの出力端子と、正極・負極直流端子で構成された半導体装置に適用することができる。

【0016】

半導体装置30aにおいて、半導体スイッチ18a, 18b, 18c, 18d, 18e, 18fのそれぞれがオンからオフへの切り替えする際に、そのオンからオフへの切り替わる半導体スイッチをブリッジ接続する配線と、主回路配線33aおよび主回路配線33bと電解コンデンサ27で構成する経路で電流値が大きく変化する。その時、オンからオフへの切り替わる半導体スイッチには、電解コンデンサに印加されている直流電圧を越えた電圧が瞬時的に印加される。上記の直流電圧を越えた電圧分(以下、この電圧を跳ね上り電圧と呼ぶ)は前記経路と電解コンデンサ27の合計インダクタンスと前記経路における電流の時間微分値の積によって決定される。従って、上記インダクタンスの増加すると、スイッチング時の半導体スイッチへの印加電圧が増加することになる。そして、前記印加電圧が素子耐圧を越えたとき、素子破壊が起ることになる。

【0017】

また、跳ね上り電圧の増大に伴って半導体スイッチのスイッチング損失が増大し、前記スイッチング損失増大は半導体スイッチの寿命短縮または冷却ためのコスト増加の一因となる。

【0018】

また、図8に示した3相交流を直流に変換する半導体装置30bは、基本構成を図9で述べた半導体装置30aと同様にしても良い。

【0019】

図1は、本発明の半導体装置の直流端子配置を示す半導体モジュールの概観図である。

【0020】

図1において、1はケース、2a, 2bは負極直流端子、3a, 3bは正極直流端子、4, 5, 6は出力端子、7は金属底板、8はネジ穴、24は制御補助端子、30は半導体装置である。2a, 2b, 3a, 3bの各端子には配線取付け用のネジ穴が設けられている。また、4, 5, 6の出力端子には配線取付け用の穴が設けられている。ネジ穴8は冷却フィンと金属底板7を面固定する時に使用する。

10

20

30

40

50

【0021】

図1は半導体装置において、正極直流端子3aと負極直流端子2aが、正極直流端子3bと負極直流端子2bがそれぞれ対となり、直方体形状のケース1の一辺に並設されている構造を示している。以下では、上記の3aと2aのような端子組み合わせを正極負極直流端子対と呼ぶ。

【0022】

以下では、図1の半導体装置30の電力変換装置における実装形態及び半導体装置30の内部配線構造を示し、本発明が解決する課題であるスイッチング時の損失増加と素子耐圧を越える電圧発生による半導体スイッチ破壊の要因となるインダクタンスを低減することについて説明する。

10

【0023】

図4は、電力変換装置において電解コンデンサ27と半導体装置30の接続例である。

【0024】

図4において、1はケース、2a, 2bは負極直流端子、3a, 3bは正極直流端子、4, 5, 6は出力端子、7は金属底板、8はネジ穴、24は制御補助端子、30は半導体装置、21は正極側導体板、22は負極側導体板、23は絶縁シート、24は制御補助端子、25, 26はコンデンサ端子、27は電解コンデンサ、36は正極側端子、37は負極側端子である。図4において、正極側導体板21と正極直流端子3a, 3bは、負極側導体板22と負極直流端子2a, 2bはネジで面接続されている。また、電解コンデンサ27はコンデンサ端子25, 26で負極側導体板22と正極側導体板21にそれぞれ接続している。36及び37は直流電源に接続されている。また、出力端子4, 5, 6は負荷に接続されている。

20

【0025】

図2は図1の半導体装置内で半導体スイッチとブリッジ回路を構成する配線構造を示す斜視図である。図1の半導体装置30は6つの半導体スイッチをブリッジ接続した半導体装置である。

【0026】

図2において2a, 2bは負極直流端子、3a, 3bは正極直流端子、4, 5, 6は出力端子、9は負極側板状導体、10は正極側板状導体、11は絶縁シート、12a, 12b, 12c, 12d, 12e, 12fは基板、13a, 13b, 13c, 13d, 13e, 13fはダイオード及び半導体スイッチ、14a, 14b, 14c, 14d, 14e, 14f, 14g, 14h, 14i, 14j, 14k, 14lはワイヤ配線、17は金属底板である。

30

【0027】

図2において、基板12a, 12b, 12c, 12d, 12e, 12fは導体配線と絶縁板の層構造になっており、基板上での電流経路と、金属底板17との絶縁を確保している。

【0028】

図2において、半導体スイッチにパワーMOSFETを使用した場合に想定して、半導体スイッチとダイオードを合わせて1部品として記載した。

40

【0029】

図2においてワイヤ配線14a, 14b, 14c, 14d, 14e, 14f, 14g, 14h, 14i, 14j, 14k, 14l, 14mは4本ずつ図示されているが、半導体装置の仕様とワイヤ配線径によってワイヤ配線本数は異なり、4本に限定するものではない。

【0030】

図2において負極直流端子2a, 2bが負極側板状導体9の一部分、正極直流端子3a, 3bが正極側板状導体10の一部分であり、前記負極側板状導体9と正極側板状導体10は絶縁シート11を挟んだ積層構造になっている。負極側板状導体9と正極側板状導体10において流れる電流の向きが互いに逆になっていることと導体間距離が絶縁シート厚さ

50

分の極近接している。そのため、これらの配線は低インダクタンス構造になっている。

【0031】

図2と図4を用いて、跳ね上り電圧に関する電流経路を説明する。半導体装置30の内部には3つのブリッジ回路があるが、全て類似な経路となるので、ここではダイオード及び半導体スイッチ13a, 13bで構成されたブリッジ回路を通る電流経路について示す。前記電流経路はコンデンサ端子26を始まりとすると、正極側導体板21より正極直流端子3aと3bを通り、正極直流端子3aと3bから正極側板状導体10, ワイヤ配線14a, 基板12b, ダイオード及び半導体スイッチ13a, ワイヤ配線14b, 基板12a, ダイオード及び半導体スイッチ13b, ワイヤ配線14c, 負極側板状導体9の順に通

10

【0032】

上記の電流経路において、半導体装置30では以下の1) 2) 3)の順に示す考えによって、低インダクタンス化を実現している。

【0033】

1) 半導体装置30に2つ以上の正極負極直流端子対を設ける。上記電流経路では正極直流端子3aと3bと負極直流端子2a, 2bで電流経路を並列化することにより、インダクタンスを低減することが可能である。

【0034】

2) 半導体装置と正極側導体板20及び負極側導体板21を同方向から接続することで、正極側導体板20と負極側導体板21を曲げの少ない形状でかつ、正極側導体板20と負極側導体板21で生じる電解コンデンサ27から各々の正極負極直流端子対までのインダクタンス差を小さくした配線構造を実現可能にするため、1)に記載した2つ以上の正極負極直流端子対を半導体装置30における直方体状のケース1の上面一辺に並設する。

20

【0035】

3) 図3に図2のブリッジ等価回路を示す。図3において、2a, 2bは負極直流端子、3a, 3bは正極直流端子、4, 5, 6は出力端子、18a, 18b, 18c, 18d, 18e, 18fは半導体スイッチ、19a, 19b, 19c, 19d, 19e, 19fはダイオード、20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20fは半導体スイッチング制御端子である。また、9'と10'は等価回路上で、図2における負極側板状導体9と正極側板状導体10を積層化による低インダクタンス構造にした部分に該当する。図3の等価回路において、半導体スイッチ18a, 18bで構成するブリッジ回路を通る上記電流経路を例にすると、2aと3aで構成される正極負極直流端子対から半導体スイッチ18a, 18bに到る経路と2bと3bで構成される正極負極直流端子対から半導体スイッチ18a, 18bに到る経路では9'と10'の経路分のインダクタンス差が生じる。前記インダクタンス差が大きいほど、電流はインダクタンスの小さい経路へ流れ、1)に記載したように2つ以上の正極負極直流端子対を半導体装置に設けた電流経路並列化の効果は小さい。そのため、9'と10'の経路を図2の示すように負極側板状導体9と正極側板状導体10を積層化による低インダクタンス構造とする。

30

【0036】

上記の1) 2) 3)に従い、半導体装置30及びそれを用いた電力変換装置では電解コンデンサ27から正極負極直流端子対である2aと3a, 2bと3bまでの電流経路と半導体装置内部のブリッジ配線の電流経路が並列化できる。加えて、電流経路並列化による効果を高めるために、半導体装置内部のブリッジ配線の一部積層構造化と正極負極直流端子対である2aと3a, 2bと3bをケース1の上面1辺に設けることで、電流経路並列化によるインダクタンス低減効果を高めている。よって、半導体装置30及びそれを用いた電力変換装置では跳ね上り電圧の大きさを決定するインダクタンス全体を低減することが可能である。その結果、スイッチング時の跳ね上がり電圧の増大とそれに伴う素子破壊が防止され、且つ跳ね上り電圧増大に伴う電力損失が低減される。

【0037】

また、本実施の形態において、半導体装置 30 では半導体装置内部において、図 3 における 9' と 10' の部分が低インダクタンス化されているため、3つのブリッジ回路において跳ね上り電圧の大きさを決定するインダクタンスの差を小さくすることを実現している。これにより、3つのブリッジ回路における跳ね上り電圧の差が減少し、電流・電圧出力のバランスが良い半導体装置を提供できる効果もある。

【0038】

ここで、図 4 の構造を例に本発明の実施例の効果を具体的な数値を用いて説明する。以下では半導体装置の寸法を縦 120 mm, 横 140 mm, 高さ 30 mm とし、素子耐圧 100 V, 立ち下り時間 300 nsec の半導体スイッチを直流電圧 40 V, 遮断電流 250 A で使用する電力変換装置を想定する。

10

【0039】

上記のモジュール寸法に図 2 の配線構造を実装した場合、正極直流端子 3a から正極側板状導体 10, ワイヤ配線 14a, 基板 12b, ダイオード及び半導体スイッチ 13a, ワイヤ配線 14b, 基板 12a, ダイオード及び半導体スイッチ 13b, ワイヤ配線 14c, 負極側板状導体 9 の順に通じ、さらに負極側板状導体 9 から負極直流端子 2a を通る経路のインダクタンスは約 35 nH である。その内訳は、正極直流端子 3a と負極直流端子 2a の非積層構造部で生じているインダクタンスは約 15 nH、積層配線 9, 10 で生じているインダクタンス約 5 nH、ボンディングワイヤ 14 及び基板 12a, 12b と半導体素子 13a, 13b で構成される電流経路のインダクタンスは約 15 nH である。

【0040】

20

また、正極直流端子 3b から正極側板状導体 10, ワイヤ配線 14a, 基板 12b, ダイオード及び半導体スイッチ 13a, ワイヤ配線 14b, 基板 12a, ダイオード及び半導体スイッチ 13b, ワイヤ配線 14c, 負極側板状導体 9 の順に通じ、さらに負極側板状導体 9 から負極直流端子 2b を通る経路のインダクタンスは約 30 nH である。本実施例の配線構造では上記 2 経路におけるインダクタンスの差は差を生じる配線 9, 10 を積層化することで小さくなっている。上記のインダクタンスはボンディングワイヤ 14 の本数及びルーフトップ高さによって変化するが、実現可能な数値として示した。この半導体装置 30 を図 4 に示すように電解コンデンサ 27 と正極側導体板 21 と負極側導体板 22 を用いて接続する。本検討では電解コンデンサの内部インダクタンス値を 20 nH と仮定する。コンデンサ端子 25, 26 端子の距離を約 30 mm とするとコンデンサ端子から見た端子 2a, 3a を短絡した場合のインダクタンスは約 30 nH である。その内訳は、コンデンサ端子 25, 26 で電流が対向して流れないことによるインダクタンスが約 10 nH, 半導体装置 30 の直流端子付近の正極側導体板 21 と負極側導体板 22 が非積層構造になっている部分でのインダクタンスが約 15 nH, 正極側導体板 21 と負極側導体板 22 の積層構造部のインダクタンスが約 5 nH である。

30

【0041】

上記と同様にコンデンサ端子 25, 26 端子から見た端子 2b, 3b を短絡した場合のインダクタンスも同様に約 30 nH である。上記の各部位のインダクタンス内訳と電解コンデンサの内部インダクタンスから、跳ね上り電圧値に大きな影響を与える電解コンデンサから半導体装置内のブリッジ配線を通る電流経路のインダクタンスを概算すると、本実施例では電流経路が並列化した効果により、約 50 nH となる。上記の電流経路のインダクタンスに電解コンデンサの内部インダクタンスを加え、半導体スイッチに印加されるピーク電圧を概算すると、 $\{(\text{直流電圧}) + (\text{インダクタンス}) \times (\text{遮断電流}) \div (\text{立ち下り時間})\}$ より、約 82 V となり、素子耐圧に対して設計余裕度のある値になっている。

40

【0042】

一方、従来方式の端子構造を正極直流端子 3b と負極直流端子 2b が無い場合と同等と見なしてインダクタンスを算出すると、約 75 nH となる。この場合、半導体スイッチに印加されるピーク電圧を概算すると、約 103 V となる。従って、ピーク電圧が素子耐圧を越えることになるため、このままでは本仕様の半導体装置および電力変換装置は実現できないことになる。

50

【0043】

次に、半導体装置の正極負極直流端子対にコンデンサ28a, 28bを実装した半導体装置及び電力変換装置について説明する。図5は半導体装置の正極負極直流端子対にコンデンサ28a, 28bを実装した電力変換装置の概観図である。

【0044】

図5において、1はケース、2a, 2bは負極直流端子、3a, 3bは正極直流端子、4, 5, 6は出力端子、7は金属底板、8はネジ穴、21は正極側導体板、22は負極側導体板、23は絶縁シート、24は制御補助端子、25, 26はコンデンサ端子、27は電解コンデンサ、28a, 28bはコンデンサ、36は正極側端子、37は負極側端子である。コンデンサ28a, 28bはスイッチング時に流れる高周波電流のみを充放電するため、その容量は電解コンデンサに比較して非常に小さくてよい。そのため、コンデンサには容量が $1\mu\text{F} \sim 10\mu\text{F}$ 程度の高周波特性の良い、即ちインダクタンスが小さいフィルムコンデンサが使用可能であり、コンパクトな実装が可能である。

10

【0045】

図5の半導体装置及び電力変換装置における跳ね上り電圧に関する電流経路を図2と図5を用いて以下に説明する。ここではダイオード及び半導体スイッチ14a, 14bで構成されたブリッジ回路を通る電流経路について示す。本構造において、前記電流経路はコンデンサ28aを始まりとして、正極直流端子3aから正極側板状導体10, ワイヤ配線14a, 基板12b, ダイオード及び半導体スイッチ13a, ワイヤ配線14b, 基板12a, ダイオード及び半導体スイッチ13b, ワイヤ配線14c, 負極側板状導体9の順に通じ、さらに負極側板状導体9から負極直流端子2aを通過してコンデンサ28aへ戻る経路と、コンデンサ28bを始まりとして、正極直流端子3bから正極側板状導体10, ワイヤ配線14a, 基板12b, ダイオード及び半導体スイッチ13a, ワイヤ配線14b, 基板12a, ダイオード及び半導体スイッチ13b, ワイヤ配線14c, 負極側板状導体9の順に通じ、さらに負極側板状導体9から負極直流端子2bを通過してコンデンサ28bへ戻る経路の2経路である。上記の2経路でワイヤ配線14aからワイヤ配線14cまでは共通である。

20

【0046】

跳ね上り電圧に関するインダクタンスに関して、図5の構造は、正極側導体板21と負極側導体板22で生じるインダクタンスが含まれないことと、電解コンデンサ27の内部インダクタンスに比べ、コンデンサ28a, 28bのインダクタンスが小さいこと、さらにコンデンサ28a, 28bの2つのコンデンサを並列化していることにより、図4の構造に比べ、低インダクタンス化が実現できる。

30

【0047】

従って、図5の構造により、正極側導体板20と負極側導体板21及び電解コンデンサ27の配線構造に依存しない半導体装置を提供することができる。

【0048】

図6に図5の2つの正極負極直流端子対にコンデンサ28a, 28bを接続する構造の応用例を示す。

【0049】

図6において、1はケース、2a, 2bは負極直流端子、3a, 3bは正極直流端子、4, 5, 6は出力端子、7は金属底板、8はネジ穴、21は正極側導体板、22は負極側導体板、23は絶縁シート、24は制御補助端子、25, 26はコンデンサ端子、27は電解コンデンサ、28a, 28bはコンデンサ、36は正極側端子、37は負極側端子である。

40

【0050】

図6は図5の構造に対して、正極側導体板21と負極側導体板22をそれぞれ正極直流端子3a, 負極直流端子2aにのみ接続した構造である。図6の構造は、跳ね上り電圧を決めるインダクタンスに関して、図5とほぼ同じ低インダクタンス化が実現できる。

【0051】

50

図 6 の例は、電力変換器の配線構造を設計する際に、インダクタンス低減という課題に対して、半導体装置 30 が正極側導体板 21 と負極側導体板 22 の形状依存しない柔軟な設計が可能な構造であることを示している。

【0052】

ここで、図 5，図 6 の構造を例に本実施例の効果を具体的な数値を用いて説明する。以下では半導体装置の寸法を縦 120 mm，横 140 mm、高さ 30 mm とし、素子耐圧 100 V、立ち下り時間 300 nsec の半導体スイッチを直流電圧 40 V，遮断電流 400 A で使用する電力変換装置を想定する。

【0053】

正極直流端子 3a から正極側板状導体 10，ワイヤ配線 14a，基板 12b，ダイオード及び半導体スイッチ 13a，ワイヤ配線 14b，基板 12a，ダイオード及び半導体スイッチ 13b，ワイヤ配線 14c，負極側板状導体 9 の順に通じ、さらに負極側板状導体 9 から負極直流端子 2a を通る経路のインダクタンスは約 35 nH である。その内訳は、正極直流端子 3a と負極直流端子 2a の非積層構造部で生じているインダクタンスは約 15 nH，積層配線 9，10 で生じているインダクタンス約 5 nH，ボンディングワイヤ 14 及び基板 12a，12b と半導体素子 13a，13b で構成される電流経路のインダクタンスは約 15 nH である。

【0054】

また、正極直流端子 3b から正極側板状導体 10，ワイヤ配線 14a，基板 12b，ダイオード及び半導体スイッチ 13a，ワイヤ配線 14b，基板 12a，ダイオード及び半導体スイッチ 13b，ワイヤ配線 14c，負極側板状導体 9 の順に通じ、さらに負極側板状導体 9 から負極直流端子 2b を通る経路のインダクタンスは約 30 nH である。

【0055】

図 5，図 6 の構造では跳ね上り電圧値に大きな影響を与える電流経路はコンデンサ 28a，28b のインダクタンスと半導体装置内のブリッジ配線のみになる。ここでコンデンサ 28a，28b のインダクタンスを約 10 nH と仮定する。この時と跳ね上り電圧値に大きな影響を与えるインダクタンスは、電流経路を並列化したことにより、約 25 nH となる。この時、半導体スイッチに印加されるピーク電圧は約 73 V となり、素子耐圧に対して設計余裕度のある値になっている。

【0056】

一方、従来方式の端子構造を正極直流端子 3b と負極直流端子 2b が無い場合と同等と見なして算出すると、インダクタンスは約 45 nH となる。この場合、半導体スイッチに印加されるピーク電圧は約 100 V となり、耐圧に対して余裕が無く、このままでは仕様の半導体装置および電力変換装置が実現できないことになる。本検討において、跳ね上り電圧抑制の目的のために必要なコンデンサ 28a，28b の容量は 5 μ F ~ 10 μ F 程度である。

【0057】

図 7 に正極直流端子 3a と負極直流端子 2a 間のコンデンサ 29a と正極直流端子 3b と負極直流端子 2b 間のコンデンサ 29b をケース 1 の内部で接続した構造を示す。図 7 において、2a，2b は負極直流端子、3a，3b は正極直流端子、4，5，6 は出力端子、9 は負極側板状導体、10 は正極側板状導体、11 は絶縁シート、12a，12b，12c，12d，12e，12f は基板、13a，13b，13c，13d，13e，13f はダイオード及び半導体スイッチ、14a，14b，14c，14d，14e，14f，14g，14h，14i，14j，14k，14l，14m はワイヤ配線、17 は金属底板、29a，29b はコンデンサである。

【0058】

図 7 では、半導体スイッチにパワー MOSFET を使用した場合に想定して、半導体スイッチとダイオードを合わせて 1 部品として記載した。

【0059】

図 7 の構造はインダクタンス低減の観点から図 5，図 6 の構造と同じ効果である。しかし

10

20

30

40

50

、半導体装置としての概観は図1と同じになり、図5、図6の構造と比較して、コンデンサ29a、29bをケース1の内部に実装することによるコンパクト化の利点がある。

【0060】

図1から図7では半導体装置30の正極直流端子3a、3b、負極直流端子2a、2bはケース1の上面の一辺に2a、3a、2b、3bの順に配置してあるが、本実施の形態では3aと2aが、3bと2bが対になっていれば、上記の1)2)3)で述べたインダクタンス低減が実現できる。従って、半導体装置30においてケース1の上面の直流端子は2a、3a、3b、2bの順、或いは3a、2a、2b、3bの順に配置してあっても良い。

【0061】

図1から図7では6つの半導体スイッチをブリッジ接続した半導体装置を用い、インダクタンス低減という課題を解決する半導体装置構造および電力変換装置を示した。しかし、本実施の形態は、半導体装置の正極直流端子と負極直流端子及び負極側板状導体9、正極側板状導体10の構造に関するものであり、その効果はダイオード及び半導体スイッチ13a、13b、13c、13d、13e、13f、前記ダイオード及び半導体スイッチと直接接続されるワイヤ配線14a、14b、14c、14d、14e、14f、14g、14h、14i、14j、14k、14l、基板12a、12b、12c、12d、12e、12fが種々の構造に適用できる。例えば、2つの半導体スイッチをブリッジ接続した半導体装置において、半導体装置30と同様に半導体スイッチをブリッジ接続する導体の少なくとも一部を積層化し、2つ以上の正極負極直流端子対をケース上面の1辺に並設することにより、適用できる。従って、ブリッジ接続された少なくとも2つの半導体スイッチを有する半導体装置であっても適用することが可能である。

【0062】

図1から図7では、2つの正極負極直流端子対を持つ半導体装置30を例に説明したが、正極負極直流端子対の並列化によるインダクタンス低減メカニズムより、3つ以上の直流端子対をケース上面の一辺に並列化しても同様の効果を得ることができる。

【0063】

また、半導体装置30の正極負極直流端子対についても、正極負極直流端子対の並列化によるインダクタンス低減メカニズムより、2つの正極直流端子と1つの負極直流端子を、或いは1つの正極直流端子と2つの負極直流端子を1対の正極負極直流端子対と見なして半導体装置のケース上面の一辺に並列化しても同様の効果を得ることができる。

【0064】

以上に述べた配線及び端子構造を有する半導体装置或いは前記半導体装置の端子にコンデンサを接続した半導体装置と、それらの半導体装置を用いた電力変換装置の配線構造は、スイッチング時に半導体スイッチの耐圧を越えた電圧が印加されることによる半導体素子破壊の防止と、スイッチング時の半導体素子損失を低減する効果がある。上記の効果により、より大きな電流を出力する半導体装置及び電力変換装置を半導体装置及び電力変換装置の配線構造の変更と言う安価な方法によって提供することができる。即ち、半導体装置におけるスイッチング時の跳ね上がり電圧の増大とそれに伴う素子破壊と電力損失の増大の原因となるインダクタンスの低減できる半導体装置の構造とそれを用いた電力変換装置が開示される。

【0065】

【発明の効果】

本発明によれば、インダクタンスを低減できる半導体装置及び電力変換装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における半導体装置のモジュール外観の概略を示す斜視図。

【図2】図1の半導体装置内の配線構造を示す斜視図。

【図3】本発明の一実施例の半導体スイッチを有するブリッジ等価回路を示す図。

【図4】図1の半導体装置を用いた電力変換器の一例を示す斜視図。

10

20

30

40

50

【図 5】図 1 の半導体装置を用いた電力変換器の他の一例を示す斜視図。

【図 6】図 1 の半導体装置を用いた電力変換器のその他の一例を示す斜視図。

【図 7】本発明の一実施例の配線構造を示す概略斜視図。

【図 8】電力変換装置の回路構成の一例を示す図。

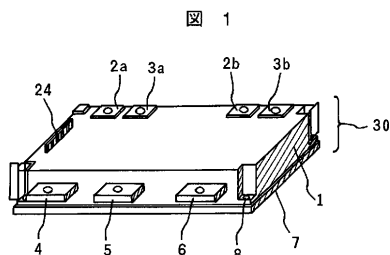
【図 9】U V W 三相交流を出力するための半導体装置の回路構成の一例を示した図である。

【符号の説明】

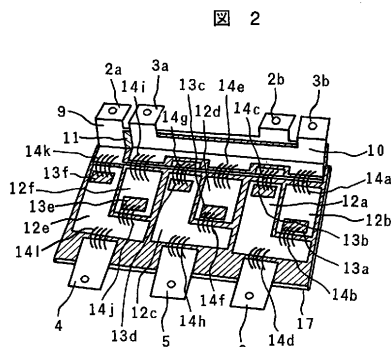
1 ... ケース、2 a , 2 b ... 負極直流端子、3 a , 3 b ... 正極直流端子、4 , 5 , 6 ... 出力端子、7 ... 金属底板、8 ... ネジ穴、9 , 2 2 ... 負極側板状導体、9 ' , 1 0 ' ... 電流経路、1 0 , 2 1 ... 正極側板状導体、1 1 , 2 3 ... 絶縁シート、1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d , 1 2 e , 1 2 f ... 基板、1 3 a , 1 3 b , 1 3 c , 1 3 d , 1 3 e , 1 3 f ... ダイオード及びパワー半導体素子、1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d , 1 4 e , 1 4 f , 1 4 g , 1 4 h , 1 4 i , 1 4 j , 1 4 k , 1 4 l ... ワイヤ配線、1 7 ... 金属底板、1 8 ... 半導体スイッチング、1 9 ... ダイオード、2 0 ... 半導体スイッチング制御端子、2 4 ... 制御補助端子、2 5 , 2 6 ... コンデンサ端子、2 7 ... 電解コンデンサ、2 8 a , 2 8 b , 2 9 a , 2 9 b ... コンデンサ、3 0 , 3 0 a , 3 0 b ... 半導体装置、3 1 ... 三相交流電源、3 2 ... 入力電線、3 3 a , 3 3 b ... 主回路配線、3 4 ... 出力配線、3 5 ... 誘導電動機（負荷）、3 6 ... 正極側端子、3 7 ... 負極側端子。

10

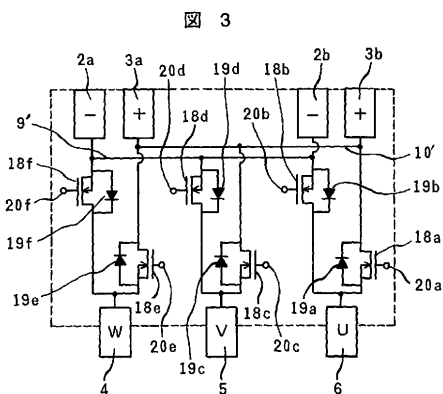
【図 1】



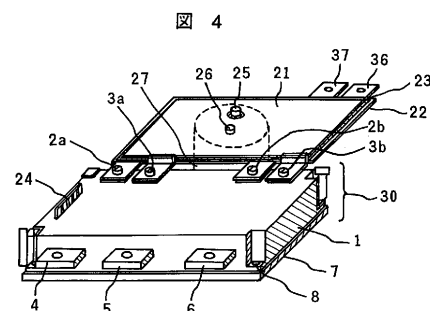
【図 2】



【図 3】

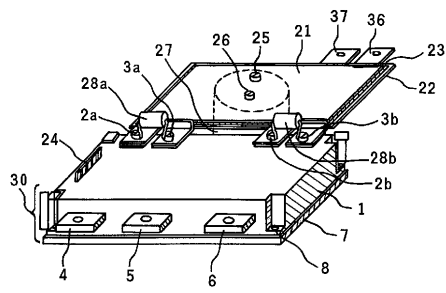


【図 4】



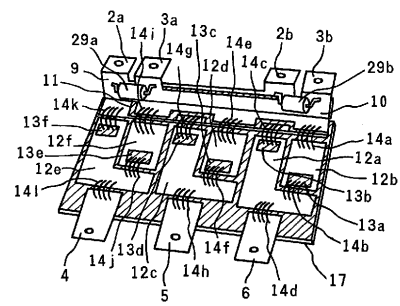
【図 5】

図 5



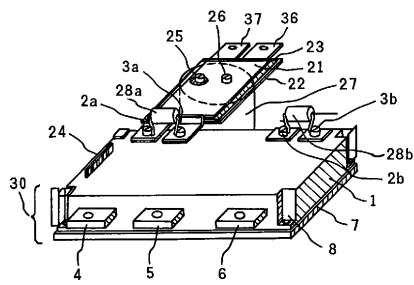
【図 7】

図 7



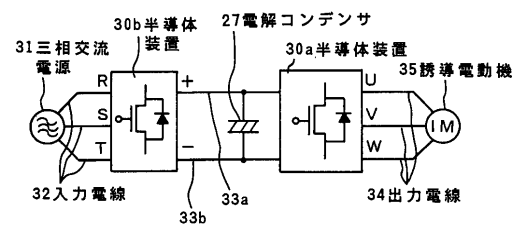
【図 6】

図 6



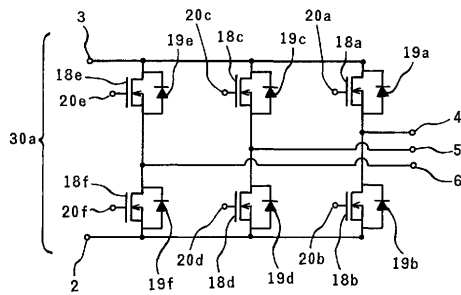
【図 8】

図 8



【図 9】

図 9



フロントページの続き

- (72)発明者 三島 彰
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 増野 敬一
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内
- (72)発明者 印南 敏之
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

審査官 川端 修

- (56)参考文献 特開平06-021323(JP,A)
特開平05-022939(JP,A)
特開平11-098815(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H02M 7/48
H01L 25/07
H01L 25/18
H02M 1/00