(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
2015 年 5 月 21 日(21.05.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/072060 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01) *H05K 7/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/004841

(22) 国際出願日: 2014 年 9 月 22 日(22.09.2014)

(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 2013-234261 2013 年 11 月 12 日(12.11.2013) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 石野　寛(ISHINO, Hiroshi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 神生　陽介(JINSEI, Yousuke); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 池亀　篤(IKEGAME, Atsushi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 金　順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦２丁目１３番１９号　瀧定ビル６階 Aichi (JP).

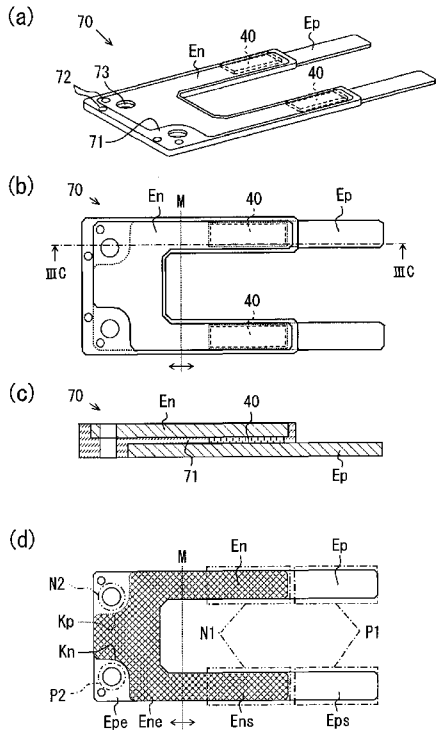
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,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

[続葉有]

(54) **Title**: BUS BAR AND POWER CONVERSION APPARATUS USING SAME

(54) 発明の名称 : バスバー、およびそれを用いた電力変換装置

[図3]



(57) **Abstract**: A bus bar (70) is used in a power conversion apparatus (100), which has a first switching element (1H) as an upper arm, and a second switching element (1L) as a lower arm connected in series, and which supplies power to a load (3) by converting a voltage and a current supplied from a direct current power supply (2). The bus bar has: a high potential electrode (Ep) that connects together the high potential side of the direct current power supply and the positive electrode side of the first switching element; a low potential electrode (En) that connects together the low potential side of the direct current power supply and the negative electrode side of the second switching element; and an insulating layer (71). A part of the high potential electrode and a part of the low potential electrode overlap each other with the insulating layer therebetween. A snubber circuit (40) is electrically connected between the high potential electrode and the low potential electrode.

(57) 要約:　上アームとしての第一スイッチング素子（１Ｈ）と下アームとしての第二スイッチング素子（１Ｌ）が直列接続され、直流電源（２）からの電圧および電流を変換して負荷（３）に電力を供給する電力変換装置（１００）に用いられるバスバー（７０）は、前記直流電源の高電位側と前記第一スイッチング素子の正電極側とを接続する高電位電極（Ｅｐ）と、前記直流電源の低電位側と前記第二スイッチング素子の負電極側とを接続する低電位電極（Ｅｎ）と、絶縁層（７１）とを有する。高電位電極と低電位電極は、絶縁層を挟んで、一部が互いに重なっている。スナバ回路（４０）が、前記高電位電極と低電位電極の間に電気接続されている。

WO 2015/072060 A1

(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, 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:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： バスバー、およびそれを用いた電力変換装置

関連出願の相互参照

[0001] 本開示は、２０１３年１１月１２日に出願された日本出願番号２０１３－２３４２６１号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、バスバー、およびそれを用いた電力変換装置に関するものである。

背景技術

[0003] 上アームと下アームの直列接続された２つのＳＷ素子を備え、直流電源からの電圧および電流を変換して負荷に電力を供給する電力変換装置が、例えば、特許第３７９３４０７号公報（特許文献１）に開示されている。

[0004] 特許文献１に開示された電力変換装置は、自動車用モータ駆動装置に用いられる電力変換装置で、上アームと下アームの直列接続された２つのＳＷ素子からなるブリッジ回路として、Ｕ，Ｖ，Ｗの三相のインバータ回路が備えられた電力変換装置である。

[0005] 特許文献１に記載された電力変換装置では、入力端子として、絶縁膜を挟んで正極入力端子と負極入力端子とを貼り合わせた四角平板状の平行導体が用いられている。この平行導体の一辺には、正極側配線の一部を構成する入力バスバー（以下、正極入力バスバーという）と負極側配線の一部を構成する入力バスバー（以下、負極入力バスバーという）とが、互いに所定間隔離間した状態で平行に設置されている。また、正極入力バスバーには三相分の上アームのパワー半導体素子（ＳＷ素子）が等間隔に配置されると共に、負極入力バスバーには三相分の下アームのパワー半導体素子（ＳＷ素子）が等間隔に配置されている。そして、各相の上アームと下アームとを連結するように、三相分の出力バスバーが、正極と負極の入力バスバーに対して垂直に設置された構成とされている。そして、この出力バスバーを介して、負荷に

交流電流が供給される。

[0006] 車両で用いられる電力変換装置は、パワー密度が高く（小型大電流）、電力損失の小さな電力変換装置が求められており、電力を供給するＳＷ素子の大電流化や高電圧化および高速スイッチング化（以下、高速ＳＷ化と記載）が進められている。これらＳＷ素子の大電流化、高電圧化および高速ＳＷ化が進められると、スイッチング時に発生するサージ電圧が増大する。スイッチング損失（以下、ＳＷ損失と記載）を低減するためには、このサージ電圧の抑制が必要不可欠である。また、大電流化に伴って、ＳＷ素子の放熱性も高める必要がある。さらには、ＥＭＣ確保のため、サージ電圧だけでなく、それに付随したＦＭ帯ノイズ等となるリンギングについても抑制する必要がある。

[0007] ＳＷ素子のスイッチングに起因したサージ電圧の大きさは、電力変換装置を構成するモジュール内部のＳＷ素子や直流電源側の平滑コンデンサだけでなく、それらを電気的に接続するためのバスバーに起因した浮遊インダクタンスにも依存する。この浮遊インダクタンスの値が大きい場合には、サージ電圧が高くなってしまう。浮遊インダクタンスを低減するには、インバータ回路を備える電力変換装置において、正極側配線を構成する各部と負極側配線を構成する各部をできる限り平板状の平行導体で構成し、正極と負極とで互いに逆方向に電流が流れるようにするのが有効である。これにより、正極側配線と負極側配線とで磁気相殺を生じさせることが可能となり、低インダクタンス化が図れるからである。

[0008] しかしながら、上記した特許文献１の電力変換装置では、平板状の平行導体とされている領域が入力端子に限られており、低インダクタンス化が不十分である。具体的には、正極入力端子に接続された正極入力バスバーと負極入力端子に接続された負極入力バスバーとが、平面内で異なる位置に配置されており、平板状の平行導体とされていない。このため、特許文献１の電力変換装置では、正極入力バスバーおよび負極入力バスバーによる磁気相殺効果が小さく、低インダクタンス化を図ることができない。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特許第３７９３４０７号公報

発明の概要

[0010] 本開示は、ＳＷ素子のスイッチングに起因したサージ電圧やそれに伴うリンギングをさらに抑制可能なバスバーを提供することを、第１の目的としている。また、該バスバーを用いて、サージ電圧やリンギングを最適に抑制しうる電力変換装置を提供することを、第２の目的としている。

[0011] 本開示の第一の態様において、上アームを構成する第一スイッチング素子と下アームを構成する第二スイッチング素子とを有し、第一スイッチング素子と第二スイッチング素子は直列接続され、直流電源からの電圧および電流を変換して、第一スイッチング素子と第二スイッチング素子の接続点から負荷に電力を供給し、樹脂モールドされてモジュールを構成する電力変換装置に用いられ、平面形状を有するバスバーは、一端が前記直流電源の高電位側に接続され、もう一端が前記第一スイッチング素子の正電極側に接続される高電位電極と、一端が前記直流電源の低電位側に接続され、もう一端が前記第二スイッチング素子の負電極側に接続される低電位電極と、絶縁層とを有する。高電位電極と低電位電極は、絶縁層を挟んで、前記平板形状の厚さ方向において、少なくとも一部が互いに重なるように配置されてなる。表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路が、前記高電位電極と低電位電極の間に電気接続されてなる。

[0012] 上記平板状のバスバーにおける高電位電極と低電位電極の配置関係は、電源回路のインダクタンスＬｄを小さくして、サージ電圧ΔＶを抑制するためのものである。すなわち、少なくとも一部が互いに重なるように配置された高電位電極と低電位電極は、該重なり部分において電流の流れる向きが逆であり、磁束打消しによるインダクタンスの低減効果が発生する。このインダクタンスの低減効果によって、上記バスバーにおいては、該バスバーに係る電源回路のインダクタンスＬｄを小さくして、サージ電圧ΔＶを抑制するこ

とができる。また、インダクタンスＬｄに蓄えられる磁気エネルギーが低減するため、Ｌｄ経路に潜む寄生容量成分との共振が早く制動し、結果リンギングが発生する期間を短くすることができる。

[0013] また、上記バスバーにおいては、表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路が、高電位電極と低電位電極の間に電気接続されている。上記スナバ回路を接続することによって、上記バスバーにおいては、先の電源回路のインダクタンスＬｄに蓄積されるエネルギーをスナバ回路の容量素子に吸収させ、サージ電圧ΔＶをより低減することが可能である。

[0014] 本開示の第二の態様において、電力変換装置は、第一の態様によるバスバーと、第一スイッチング素子と第二スイッチング素子と、樹脂モールドとを有する。前記高電位電極と低電位電極の一部を露出するようにして、前記バスバーと前記第一スイッチング素子と第二スイッチング素子が扁平な直方体の形状に樹脂モールドされて、前記モジュールが構成されてなる。前記高電位電極と低電位電極の一部が、前記扁平な直方体の一つの側面（Ｓ１）から引き出されてなる。

[0015] 上述したバスバーを用いる上記電力変換装置は、従来の電力変換装置に較べて、放熱性に優れ、サージ電圧やリンギングを最適に抑制しうる電力変換装置とすることができる。

図面の簡単な説明

[0016] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、

[図1]図1は、特許出願中の電力変換装置の例で、三相交流モータの駆動を行う三相のインバータ回路が備えられた電力変換装置の回路図であり、

[図2]図２は、本開示に係るバスバー、およびそれを用いた電力変換装置の一例を示す図で、バスバーを用いた電力変換装置の一部を示す回路図であり、

[図3]図３（ａ）は、図２に示したバスバー７０の具体化例を示す図であり、バスバーの全体の外観を示した斜視図であり、図３（ｂ）は、バスバーの上面図であり、図３（ｃ）は、（ｂ）における一点鎖線IIIC-IIICでの断面図で

あり、図３（ｄ）は、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの配置関係を示した上面図であり、

[図4]図４（ａ）は、図３に示したバスバーの構成要素を分解して示した上面図であり、Ｐ電極Ｅｐであり、図４（ｂ）は、絶縁層と表面実装型の容量素子で構成されるスナバ回路であり、図４（ｃ）は、Ｎ電極Ｅｎであり、

[図5]図５は、図３に示した表面実装型の容量素子で構成されるスナバ回路の一例を示す図で、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの間に接続されるスナバ回路の構造を透視して示した模式的な斜視図であり、

[図6]図６（ａ）から図６（ｄ）は、図５に示したスナバ回路の製造方法の一例を示す図で、製造工程別の模式的な斜視図であり、

[図7]図７は、図２の回路図に示した電力変換装置の具体化例を示す図で、バスバーを用い、樹脂モールドされた電力変換装置の外観を示した斜視図であり、

[図8]図８は、図７に示した電力変換装置の樹脂モールド前において、各構成要素を分解して示した斜視図であり、

[図9]図９は、図８に示した各構成要素の組み付けの最終工程を示す図で、図の上方の放熱板１１ｐ，１１ｕ～１１ｗを組み付ける前の状態を示した図であり、

[図10]図１０（ａ）は、図７に示した一点鎖線XA-XAでの断面を模式的に示した図であり、図１０（ｂ）は、一点鎖線XB-XBでの断面を模式的に示した図であり、

[図11]図１１（ａ）は、バスバーの変形例を示す図で、バスバーの上面図であり、図１１（ｂ）は、図１１（ａ）における一点鎖線XIB-XIBでの断面図である。

[図12]図１２は、バスバーの変形例を示す図で、バスバーの断面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 本発明者は、電力変換装置の構成要素と配置関係を根本的に見直して、以下の新規な構成を有する半導体装置（電力変換装置）を開示し、特許出願中

（特願２０１２－１４７４２６）である。該半導体装置は、上アームおよび下アームそれぞれの半導体チップ（ＳＷ素子）と、該半導体チップの表面側および裏面側それぞれに配置された放熱板とを有している。また、絶縁膜を挟んで正極端子と負極端子とが対向配置させられた平行導体を有する引出導体部を有している。該引出導体部の正極端子は、上アームの半導体チップの正極側に接続された放熱板に対して接続され、負極端子は、下アームの半導体チップの負極側に接続された放熱板に対して接続される。そして、放熱板の一面と正極端子および負極端子の一部を露出させつつ、半導体チップを覆うように構成された樹脂モールド部とを備えている。上記半導体装置は、特許文献１に開示された電力変換装置に較べて、放熱性に優れ、正極側配線と負極側配線をより広範囲に平行導体で構成し、さらなる低インダクタンス化が可能となっている。

[0018] 本開示は、上記特許出願中の電力変換装置にも適用可能な新規なバスバーであって、ＳＷ素子のスイッチングに起因したサージ電圧やそれに伴うリンギングをさらに抑制可能なバスバーを提供する。また、該バスバーを用いて、サージ電圧やリンギングを最適に抑制しうる電力変換装置を提供する。

[0019] 本開示は、バスバー、およびそれを用いた電力変換装置に関する。本開示に係るバスバーは、上アームと下アームの直列接続された２つのＳＷ素子を備え、直流電源からの電圧および電流を変換して、該２つのＳＷ素子の接続点から負荷に電力を供給する電力変換装置に用いられる。また、該バスバーの適用対象とする電力変換装置は、樹脂モールドされて、モジュールが構成されるものである。以下、本開示に係るバスバー、およびそれを用いた電力変換装置の実施形態を、図に基づいて説明する。

[0020] 最初に、本開示に係るバスバーの適用対象とする電力変換装置について、簡単に説明しておく。

[0021] 図１は、課題欄で説明した特許出願中の電力変換装置の例で、三相交流モータの駆動を行う三相のインバータ回路１０が備えられた電力変換装置９０の回路図である。

[0022] 図１において点線で囲って示した電力変換装置９０は、一点鎖線で囲って示したインバータ回路１０、および二点鎖線で囲って示したバスバー６０と出力端子２０とで構成されている。

[0023] インバータ回路１０は、直流電源２からの電圧および電流を変換して、負荷である三相交流モータ３に電力を供給する。インバータ回路１０には、バスバー６０を介して、直流電源２と平滑コンデンサ４が並列接続されており、スイッチング時のリップルの低減やノイズの影響を抑制して、一定の電源電圧が供給される。インバータ回路１０は、上アームと下アームの直列接続された２つのＳＷ素子１Ｈ，１Ｌが、三相分並列接続された構成とされている。図１の回路図に示すＳＷ素子１Ｈ，１Ｌは、ＩＧＢＴ（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）であるが、ＭＯＳＦＥＴ（ＭＯＳ型電界効果トランジスタ）を用いてもよい。また、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌには、還流用のＦＷＤ（フライホイールダイオード）２Ｈ，２Ｌが、それぞれ、逆並列に接続されている。そして、各相の上アームと下アームのＳＷ素子１Ｈ，１Ｌを所定の順番でオンオフ制御して、上アームと下アームの中間電位を三相交流モータ３のＵ相、Ｖ相、Ｗ相の各相に順番に入れ替えながら、三相の交流電流を生成する。この生成した三相の交流電流を、出力端子２０を介して出力し、三相交流モータ３の駆動を可能としている。

[0024] バスバー６０は、電力変換装置９０の入力部で、直流電源２と平滑コンデンサ４を介した一定の電源電圧を、インバータ回路１０に入力する。バスバー６０は、直流電源２の高電位側に接続するＰ端子（高電位端子）と直流電源２の低電位側に接続するＮ端子（低電位端子）とからなる。Ｐ端子は、インバータ回路１０における上アームのＳＷ素子１Ｈの正電極側（＋、高電位側）に接続され、Ｎ端子は、インバータ回路１０における下アームのＳＷ素子１Ｌの負電極側（－、低電位側）に接続される。また、出力端子２０は、電力変換装置９０の出力部で、インバータ回路１０で生成される三相の交流電流を、Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相の各相に対応した各端子から、三相交流モータ３に対して供給する。

[0025] 図１において符号１０の一点鎖線で囲った部分は、後述するように、インバータ回路１０、並びにインバータ回路１０との接続点を構成するバスバー６０および出力端子２０の一部を含めて、扁平な直方体の形状に樹脂モールドされる部分でもある。従って、図１の電力変換装置９０は、Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相の上アームと下アームの６個のＳＷ素子１Ｈ，１Ｌを樹脂モールドして一体化した、所謂、６ｉｎ１構造のモジュールである。

[0026] 図１に示した電力変換装置９０の回路図では、以下のような課題がある。

[0027] 図１の電力変換装置９０において発生するサージ電圧ΔＶは、図中に破線で示した電源回路のインダクタンスをＬｄとし、電流変化率をｄｌ／ｄｔとしたとき、次の数式１の関係にある。

（数１） ΔＶ＝Ｌｄ×（ｄｌ／ｄｔ）

課題欄で説明した電力変換装置におけるパワー密度の上昇（大電流化）と電力損失の低減（高速ＳＷ化）は、数式１において、右辺の電流変化率ｄｌ／ｄｔを大きくする方向である。従って、サージ電圧ΔＶを抑制するためには、電源回路のインダクタンスＬｄをできるだけ小さくする必要がある。この課題に対して、特許出願中の電力変換装置９０では、後述するように、電力変換装置の構成要素とＳＷ素子が形成された半導体チップの配置関係を根本的に見直している。そして、バスバー６０の高電位電極（以下、Ｐ電極と記載）と低電位電極（以下、Ｎ電極と記載）をより広範囲に平行導体で構成し、低インダクタンス化を図っている。すなわち、平行導体で構成されたＰ電極とＮ電極は、電流の流れる向きが逆であり、磁束打消しによるインダクタンスの低減効果が発生する。このインダクタンスの低減効果によって、電力変換装置９０においては、電源回路のインダクタンスＬｄを小さくして、サージ電圧ΔＶを抑制することができる。また、インダクタンスＬｄが小さくなることで、インダクタンスＬｄに蓄えられる磁気エネルギーが低減するため、Ｌｄ経路に潜む寄生容量成分との共振が早く制動し、リンギングが発生している期間を短くするリンギングの抑制効果を得ることができる。

[0028] 一方、上記した磁束打消しによるインダクタンスの低減効果だけでなく、

ＳＷ素子のスイッチングに起因したサージ電圧をさらに低減するためには、インバータ回路１０の前段にスナバ回路を電気接続することが好ましい。しかしながら、先に説明したように、図１の電力変換装置９０において、一点鎖線で囲った部分は、扁平な直方体の形状に樹脂モールドされている。従って、図１の電力変換装置９０にスナバ回路を追加接続する場合には、通常、次のような方法が考えられる。インバータ回路１０の前段にスナバ回路を接続した後で樹脂モールドする方法、または、モールド樹脂から突出しているバスバー６０のＰ端子とＮ端子の間にスナバ回路を外付けする方法である。しかしながら、前者の方法は、各種の電力変換装置毎に全体設計が必要となり、後者の方法は、１個ずつの電力変換装置毎にスナバ回路の組み付けが必要となる。

[0029] 本開示は、図１に示す電力変換装置９０のバスバー６０にスナバ回路を内蔵させた、新規なバスバーを提供するものである。これを用いれば、サージ電圧やそれに伴うリンギングをさらに抑制できるだけでなく、特性の異なるスナバ回路を内蔵させたバスバーを予め準備することができ、従来と同様の樹脂モールドで電力変換装置を製造することができる。

[0030] 図２は、本開示に係るバスバー、およびそれを用いた電力変換装置の一例を示す図で、バスバー７０を用いた電力変換装置１００の一部を示す回路図である。尚、図２に示す電力変換装置１００は、図１の電力変換装置９０のバスバー６０を新規なバスバー７０で置き換えたものであり、図１の電力変換装置９０と同様の部分については、同じ符号を付した。

[0031] 図２において二点鎖線で囲って示したバスバー７０は、図１において二点鎖線で囲って示したバスバー６０に対して、直列接続された容量Ｃｓと抵抗Ｒｓ（２分割して接続）からなる点線で囲って示したスナバ回路４０が追加接続されている。尚、図２のバスバー７０に内蔵されるスナバ回路４０は、容量Ｃｓに抵抗Ｒｓが直列接続されたＲＣスナバ回路となっているが、これに限らず、容量ＣｓだけのＣスナバ回路であっても、一定のサージ電圧ΔＶの低減効果が得られる。また、抵抗Ｒｓと並列にダイオードが接続される、

ＲＣＤスナバ回路であってもよい。

[0032] 最初に、図２に示す電力変換装置１００の回路構成において、バスバー７０に内蔵されるスナバ回路４０の容量Ｃｓだけで得られるサージ電圧ΔＶの低減効果について、以下に説明する。

[0033] 上記スナバ回路を接続することによって、当該電力変換装置においては、先の電源回路のインダクタンスＬｄに蓄積されるエネルギーをスナバ回路の容量素子に吸収させ、先に示した数式１のサージ電圧ΔＶを、以下のように低減することが可能である。

[0034] スナバ回路を付加した電力変換装置では、図２に示すように、スナバ回路のインダクタンスをＬｓとし、スナバ回路の容量素子の容量値をＣｓとしたとき、電力変換装置において発生するサージ電圧ΔＶは、次の数式２の関係となる。

（数２） $\Delta V = I \times \sqrt{(Ld / Cs)} + Ls \times (dI / dt)$

スナバ回路を接続した数式２のサージ電圧ΔＶは、スナバ回路を接続していない先の数式１のサージ電圧ΔＶに較べて、十分に小さな値に抑制可能である。すなわち、数式２において、電源回路のインダクタンスＬｄに係る右辺第１項は、√内の項となり、所定の容量値の容量素子を用いることで、右辺第１項は、スナバ回路のインダクタンスＬｓに係る右辺第２項より小さくできる。また、バスバー７０に内蔵されるスナバ回路４０は、インバータ回路１０の近くで、平行導体で構成されるＰ電極とＮ電極の間に接続される。従って、図２に示すように、配線（ループ）の長さが短いことから、スナバ回路のインダクタンスＬｓは、電源回路のインダクタンスＬｄに較べて十分に小さな値であり、数式２の右辺第２項は、数式１の右辺より十分に小さな値となる。

[0035] より詳細には、上記電力変換装置では、バスバー７０の平行導体で構成されるＰ電極とＮ電極で電流の流れる向きが逆となり、先に説明した磁束打消しによるインダクタンスＬｄの低減効果が発生している。従って、比較的小さな容量値Ｃｓの容量素子で、数式２の右辺第１項を、第２項より小さくす

ることができる。また、バスバー７０の平行導体で構成されるＰ電極とＮ電極の間にスナバ回路４０を接続するため、スナバ回路４０を最短の配線長さで構成することができる。これによって、数式２の右辺第２項におけるスナバ回路のインダクタンスＬｓも最小にすることができ、スナバ回路接続の効果を最大限に発揮させることができる。

[0036] 次に、図２に示す電力変換装置１００の回路構成において、スナバ回路４０の容量Ｃｓに抵抗Ｒｓを直列接続する効果について、以下に説明する。

[0037] 図２に示す電力変換装置１００において、スナバ回路４０の容量Ｃｓに抵抗が直列接続されていない場合には、電源回路のインダクタンスＬｄとスナバ回路４０の容量素子Ｃｄの間でＬＣ共振が起こり、リンギングが大きくなる。容量素子に直列接続する上記抵抗の抵抗値をＲｓとすると、上記ＬＣ共振の減衰係数ζは、次の数式３で記述される。

（数３） $\zeta = (Rs/2) \times \sqrt{(Cs/Ld)}$

数式３において、スナバ回路４０の容量素子に抵抗を直列接続しない場合、右辺のＲｓ＝０で、減衰係数ζ＝０である（減衰が起こらない）。

[0038] 容量素子に直列接続する抵抗の抵抗値Ｒｓには、適切な値がある。抵抗値Ｒｓが小さすぎると、低減したいサージがあまり抑制できない。すなわち、寄生インダクタンスとスナバ回路の容量素子だけでは電流を消費しないので（寄生インダクタンスで蓄えてしまっている）、それを消費する抵抗が必要となる。また、抵抗値Ｒｓが小さすぎると、上記したＬＣ共振が起き易くなるといった問題もある。一方、抵抗値Ｒｓが大きすぎると、ＳＷ素子で発生するサージがスナバ回路側へバイパスされないため、スナバ回路が機能しなくなってしまう。

[0039] 上記のように、容量素子に直列接続する抵抗の抵抗値Ｒｓの大小によって、トレードオフの関係が発生するため、数式３の減衰係数ζは、僅かな共振が発生する０．５程度の値が好ましい。減衰係数ζ＝０．５で設計すると、Ｃｓ，Ｒｓは、例えばスナバ回路を介した電圧の持ち上がり分δＶ（数式２の右辺第１項）を用いて、次の数式４，５で決定することができる。

（数４）　Ｃｓ＝Ｌｄ×（Ｉ／δＶ）^{2}

（数５）　Ｒｓ＝$\sqrt{}$（Ｌｄ／Ｃｓ）

以上のようして、適切な容量値の容量Ｃｓとそれに直列接続する適切な抵抗値の抵抗Ｒｓを有したスナバ回路４０が接続された図２の電力変換装置１００は、図１の電力変換装置９０に較べて、より効果的にサージ電圧ΔＶとリンギングを抑制することができる。

[0040] 次に、図２の回路図に示したバスバー７０の具体的な構成を説明する。

[0041] 図３（ａ）は、図２に示したバスバー７０の具体化例を示す図で、バスバー７０の全体の外観を示した斜視図である。また、図３（ｂ）は、バスバー７０の上面図であり、図３（ｃ）は、図３（ｂ）における一点鎖線IIIC-IIICでの断面図であり、図３（ｄ）は、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの配置関係を示した上面図である。

[0042] また、図４（ａ）は、図３に示したバスバー７０の構成要素を分解して示した上面図であり、Ｐ電極Ｅｐであり、図４（ｂ）は、絶縁層７１と表面実装型の容量素子で構成されるスナバ回路４０であり、図４（ｃ）は、Ｎ電極Ｅｎである。

[0043] 図３（ａ）から図３（ｄ）に示すバスバー７０は、図２の回路図に示したように、上アームと下アームの直列接続されたＳＷ素子１Ｈ，１Ｌを備え、直流電源からの電圧および電流を変換して、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌの接続点から負荷に電力を供給する電力変換装置に用いられる。

[0044] 図３（ａ）に示すように、バスバー７０は、後述する６ｉｎ１構造のモジュールに対応して、二股に分かれたＵ字形状の平板状に形成されており、絶縁層７１を間に挟んだＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎを有している。Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎを分離する絶縁層７１の材料には、電気絶縁性に優れ、成形が容易である、ポリエーテルエーテルケトンや液晶ポリマー等の熱可塑性樹脂からなることが好ましい。しかしながら、これに限らず、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂やAl_2O_3、Si_3N_4、ＡｌＮ、ガラス等のセラミック材料、もしくはセラミックからなるフィラーを有機樹脂に混ぜた混合材料等であって

もよい。また、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎは、それぞれ、大電流を通電可能な金属板で構成されており、磁束打消しによるインダクタンスの低減効果を最大化するため、該Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの金属板を互いに平行に配置する構成としている。Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎは、例えばＣｕ、Ａｌ、Ｆｅ等を主成分とした材料を用い、表面に接続用のメッキを施して形成されている。

[0045] 図２の回路図からわかるように、Ｐ電極Ｅｐは、一端が直流電源の高電位側に接続され、もう一端が上アームのＳＷ素子１Ｈの正電極側（＋）に接続される。図３（ｄ）において、一点鎖線Ｐ１で囲った部分が、上アームのＳＷ素子１Ｈの正電極側（＋）に接続される部分であり、一点鎖線Ｐ２で囲った部分が、直流電源の高電位側に接続される部分である。また、Ｎ電極Ｅｎは、一端が直流電源の低電位側に接続され、もう一端が下アームのＳＷ素子１Ｌの負電極側（－）に接続される。図３（ｄ）において、二点鎖線Ｎ１で囲った部分が、下アームのＳＷ素子１Ｌの負電極側（－）に接続される部分であり、二点鎖線Ｎ２で囲った部分が、直流電源の低電位側に接続される部分である。尚、図３（ａ）に示すバスバー７０の符号７２は、製造時におけるＰ電極Ｅｐ、絶縁層７１、Ｎ電極Ｅｎの位置決め用の貫通穴であり、符号７３は、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎを直流電源側の各配線にそれぞれ接続するためのボルト用の貫通穴である。

[0046] 図３（ｃ），図３（ｄ）に示すように、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎは、絶縁層７１を挟んで、平板状のバスバー７０の厚さ方向において、少なくとも一部が互いに重なるように配置されている。図３（ｄ）の図に示したＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの配置関係において、クロスハッチングで示した部分が重なり領域である。また、図３（ｂ），図３（ｄ）の各図において、点線Ｍの右側が、モジュールの内部に樹脂モールドされる部分であり、点線Ｍの左側が、モジュールの外部に露出する部分である。このように、Ｕ字形状のバスバー７０は、モールド樹脂に覆われる位置において、二股に分かれている。

[0047] そして、バスバー７０は、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎをできるだけ広範囲に平行導体で構成して低インダクタンス化するため、次のような構成としてい

る。図３（ｄ）に示すように、モジュールの内部に樹脂モールドされる点線Ｍより右側のＰ電極の素子側Ｐ電極部Ｅｐｓ、およびＮ電極の素子側Ｎ電極部Ｅｎｓを、互いに異なる長さの短冊形状に構成している。そして、素子側Ｐ電極部Ｅｐｓと素子側Ｎ電極部Ｅｎｓのうち、短いほうの短冊が、長いほうの短冊に対して、絶縁層７１を挟んで重なるように配置されている。この短冊形状で重なるように配置された素子側Ｐ電極部Ｅｐｓと素子側Ｎ電極部Ｅｎｓの長辺方向に沿って上アームと下アームのＳＷ素子を配置することにより、最短長さでＰ電極とＮ電極の引き出しが可能となる。また、より詳細には、素子側Ｐ電極部Ｅｐｓと素子側Ｎ電極部Ｅｎｓのうち、長いほうの短冊が、厚さ方向において、短いほうの短冊を覆う配置関係にある構成としている。図３（ａ）から図３（ｄ）のバスバー７０では、長いほうの短冊である素子側Ｐ電極部Ｅｐｓが、短いほうの短冊である素子側Ｎ電極部Ｅｎｓを覆う構成である。これによれば、平行導体範囲を最大化した状態で、Ｐ電極とＮ電極の引き出しが可能となる。

[0048] また、図３（ｂ）に示すように、バスバー７０における点線Ｍの左側のモジュールの外部に露出する部分は、絶縁層７１がＰ電極ＥｐやＮ電極Ｅｎに対して一回り大きなサイズで構成されている。言い換えれば、Ｐ電極ＥｐやＮ電極Ｅｎの外縁部が絶縁層７１の外縁部の内側に入り込み、絶縁層７１がＰ電極ＥｐやＮ電極Ｅｎからはみ出した状態となっている。この絶縁層７１の寸法設計は、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎとの間の沿面距離を長くして、絶縁耐圧を向上させるためである。

[0049] また、バスバー７０は、電源側への接続を容易にするため、次のような構成としている。図３（ｄ）に示すように、モジュールの外部に露出する点線Ｍより左側のＰ電極の電源側Ｐ電極部Ｅｐｅ、およびＮ電極の電源側Ｎ電極部Ｅｎｅにおいて、それぞれ、厚さ方向において、一部が互いに重ならないように、切り欠けＫｐ，Ｋｎを設けた構成としている。そして、互いに重ならないように構成された電源側Ｐ電極部Ｅｐｅの一部と電源側Ｎ電極部Ｅｐｎの一部において、それぞれ貫通穴７３を形成し、ボルトとナットを用いた

直流電源側への配線接続を可能としている。

[0050] そして、図３（ａ）～（ｃ）に示すように、バスバー７０においては、表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路４０が、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの重なり部分の一部において、絶縁層７１に代えて挿入され、Ｐ電極とＮ電極の間に電気接続されている。該スナバ回路４０は、図３（ｄ）においてクロスハッチングで示した重なり領域内であればどこに配置してもよく、大きな面積を稼げる事から、大容量の容量素子が必要な場合においても対応可能である。但し、小容量の容量素子で十分な場合には、スナバ回路４０は、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌのできるだけ近くに接続することが好ましく、図３（ｄ）の点線Ｍの右側で、モジュールの内部に樹脂モールドされる部分に配置することが好ましい。また、平板状のバスバー７０に内蔵されるスナバ回路４０は、図３（ｃ）に示すように、厚さの小さい平板状に形成する必要がある。従って、スナバ回路４０を構成する表面実装型の容量素子は、厚みのアスペクトが小さい、扁平な直方体の形状とすることが好ましい。尚、図４（ｂ）に示す絶縁層７１の符号７４は、スナバ回路４０を挿入するために形成した貫通穴である。

[0051] 絶縁層７１として先に説明したポリエーテルエーテルケトンや液晶ポリマー等の熱可塑性樹脂を用いる場合には、スナバ回路４０の上下面に金属ペースト等を塗布し、一括プレス焼成することで、バスバー７０を製造することができる。また、スナバ回路４０をＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの間に金属ペースト等で接続した後で、金型を用い、熱可塑性樹脂を射出成形する２段階の方法で、バスバー７０を製造することも可能である。

[0052] 以上のように、図３（ａ）から図３（ｄ）に示すバスバー７０は、平板状に形成されており、サージ電圧を抑制するため、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎが、絶縁層７１を挟んで、厚さ方向において少なくとも一部が互いに重なるように配置された構造を採用している。すなわち、図３（ｄ）に示すように、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎを平板状のバスバー７０の厚さ方向において一つの面に投影した時、少なくとも一部が重なる配置関係である。

[0053] 上記平板状のバスバー７０におけるＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの配置関係は、図１の数式１で説明した電源回路のインダクタンスＬｄを小さくして、サージ電圧ΔＶを抑制するためのものである。すなわち、少なくとも一部が互いに重なるように配置されたＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎは、該重なり部分において電流の流れる向きが逆であり、磁束打消しによるインダクタンスの低減効果が発生する。このインダクタンスの低減効果によって、バスバー７０においては、電源回路のインダクタンスＬｄを小さくして、サージ電圧ΔＶを抑制することができる。また、インダクタンスＬｄに蓄えられる磁気エネルギーが低減するため、Ｌｄ経路に潜む寄生容量成分との共振が早く制動し、結果リンギングが発生する期間を短くすることができる。

[0054] また、図３（ａ）から図３（ｄ）に示すバスバー７０においては、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの重なり部分の一部において、絶縁層７１に代えて、表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路４０が、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの間に電気接続されている。スナバ回路４０を接続することによって、図３（ａ）から図３（ｄ）のバスバー７０においては、先の電源回路のインダクタンスＬｄに蓄積されるエネルギーをスナバ回路４０の容量素子に吸収させ、サージ電圧ΔＶをより低減することが可能である。また、スナバ回路４０は、平板状のバスバー７０におけるＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの間を、最短の電流経路で接続する構成である。従って、数式２で説明したスナバ回路４０のインダクタンスＬｓも小さくなって、これによっても、サージ電圧ΔＶが抑制される。

[0055] 図５は、図３（ａ）から図３（ｄ）に示した表面実装型の容量素子で構成されるスナバ回路の一例を示す図で、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの間に接続されるスナバ回路４０の構造を透視して示した模式的な斜視図である。

[0056] また、図６（ａ）から図６（ｄ）は、図５に示したスナバ回路４０の製造方法の一例を示す図で、製造工程別の模式的な斜視図である。尚、図６（ａ）～図６（ｄ）の各図は、図５に示したスナバ回路４０を９０°回転した状態に対応している。

[0057] 図５に示すスナバ回路４０の例では、表面実装型の容量素子４０ｃの両側の電極層（図示省略）上に、抵抗層４０ｒが積層されている。そして、右側の回路図に示すように、抵抗層４０ｒによる抵抗Ｒｓ／２が、容量素子４０ｃによる容量Ｃｓに対して、それぞれ直列接続された構成となっている。

[0058] 図３（ａ）から図３（ｄ）に示した平板状のバスバー７０に内蔵されるスナバ回路４０の容量素子は、図５に示す容量素子４０ｃのように、扁平な直方体（厚さｔ）の形状に形成し、その直方体の扁平な両表面に電極層を形成することが好ましい。そして、該容量素子に抵抗を直列接続する場合には、図５に示す抵抗層４０ｒのように、該容量素子の少なくとも一方の電極層上に、抵抗層を積層する。

[0059] 容量素子４０ｃは、通常、０．０５～０．５μＦ程度の容量値が必要となる。容量値を稼ぐ上において、スナバ回路４０を配置可能とする図３（ｄ）にクロスハッチングで示したバスバー７０のＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの大きな面積の重なり領域が、有利に働く。但し、電源回路のインダクタンスＬｄを小さくするためには、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの間隔は、狭ギャップで設計する必要がある。このように、バスバー７０のスナバ回路４０は、電流経路の断面積が大きく、電流経路長が短い構成となる。このため、抵抗層４０ｒの抵抗値は、非常に小さいものになりやすい。従って、抵抗層４０ｒに用いられる材料は、10^{-2}～10^{0}Ωｍの比抵抗の材料がよく、ガラス比率の高いRuO_2系材料やSnO_2等を用いることが望ましい。

[0060] 図２に示したバスバー７０の回路図において、容量素子の両側に抵抗値Ｒｓ／２の抵抗を接続しても、容量素子の片側だけに抵抗値Ｒｓの抵抗を接続しても、サージ電圧ΔＶを抑制する効果としては同等である。しかしながら、図５に示したように、特に、所定の抵抗値Ｒｓを２つに分割して、容量素子４０ｃの両方の電極層上に、それぞれＲｓ／２の抵抗値を有する抵抗層４０ｒが積層されてなる構成とすることが好ましい。これによれば、該２つ抵抗層４０ｒにおける発熱を、それぞれ別のＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎに逃がすことができる。

[0061] 図５の構造を有したスナバ回路４０を製造する場合、例えば、図６（ａ）から図６（ｄ）に示した製造方法を採用することができる。

[0062] 最初に、容量素子４０ｃを形成するため、図６（ａ）に示すように、電極層Ｅｉが印刷された誘電体シートＬｃを準備し、内部の電極層Ｅｉが左右交互に張り出した構成となるように積層する。誘電体シートＬｃの材料には、例えば、温度・耐電圧が安定な酸化チタン系や、誘電率の高いチタン酸バリウム系等を用いることができる。また、電極層Ｅｉの材料には、例えば、１０００～１３００℃焼成に耐えるＮｉペースト等を用いることができる。

[0063] 次に、図６（ｂ）に示すように、上記積層体を所望の大きさ（厚さｔ）にカットした後、焼成を行う。

[0064] 次に、図６（ｃ）に示すように、内部の電極層Ｅｉ間を結線するため、上記積層体の左右に電極層Ｅｏを印刷し、焼成する。これによって、表面実装型の容量素子４０ｃを形成することができる。次に、焼成した電極層Ｅｏ上に抵抗層４０ｒを印刷し、焼成する。電極層Ｅｏの材料には、例えば、次の抵抗層４０ｒの焼成に耐えるＣｕ等の金属ペーストを用いることができる。また、抵抗層４０ｒの材料には、例えば、RuO_2やSnO_2等の比抵抗の高い材料で、８５０℃程度で焼成可能な材料を用いることができる。

[0065] 最後に、図６（ｄ）に示すように、焼成した抵抗層４０ｒ上に、蒸着・スパッタ・めっき等によって電極層Ｅを形成する。これによって、抵抗層４０ｒからなる抵抗を容量素子４０ｃに直列接続することができる。尚、電極層Ｅの材料には、Ｐ電極材およびＮ電極材との接続に適した金属を選定する。

[0066] 以上で、図５の構造を有したスナバ回路４０を製造することができる。

[0067] 以上に例示して説明したスナバ回路４０の製造は、無機（セラミック）系の材料を用いたものである。これに限らず、有機（フィルム）系の材料を用いても、図５の構造を有したスナバ回路４０を製造することができる。例えば、図６（ａ）から図６（ｄ）に示す誘電体シートＬｃとしてポリフェニレンスルフィドフィルム等の有機系材料を用い、電極層ＥｉとしてＡｌ等の低融点金属を蒸着して、積層体を形成する。また、抵抗層４０ｒとしては、低

温硬化が可能なポリマー型抵抗体ペーストを用いることができる。他にも、ＭＯＤ（金属有機化合物分解法）を利用した焼成することで金属薄膜酸化物が得られる液体材料で、有機化合物とした後、有機溶媒に溶かしたＭＯＤ材を用いてもよい。ＭＯＤ材には、誘電体としてTiO_2等、抵抗体としてSnO_2等があり、これらを用いて大型のシート体（積層）を形成し、これらをカットして焼成することで、図５の構造を有したスナバ回路４０を製造することができる。

[0068] 次に、図３（ａ）から図３（ｄ）のバスバー７０を用いた本開示に係る電力変換装置について説明する。

[0069] 図７は、図２の回路図に示した電力変換装置１００の具体化例を示す図で、バスバー７０を用い、樹脂モールドされた電力変換装置１００の外観を示した斜視図である。

[0070] 図８は、図７に示した電力変換装置１００の樹脂モールド前において、各構成要素を分解して示した斜視図である。また、図９は、図８に示した各構成要素の組み付けの最終工程を示す図で、図の上方の放熱板１１ｐ，１１ｕ～１１ｗを組み付ける前の状態を示した図である。尚、図８と図９では、制御端子１７をリードフレーム状態で一体化されたものとして記載してあり、第２放熱板１２ｐ，１２ｕ，１２ｖ，１２ｗとも一体化された状態とされている。この制御端子１７は、図７に示すように、最終製品とされる際に分断され、各信号線が独立した状態となる。

[0071] また、図１０（ａ）は、図７に示した一点鎖線ＸＡ-ＸＡでの断面を模式的に示した図であり、図１０（ｂ）は、一点鎖線ＸＢ-ＸＢでの断面を模式的に示した図である。尚、図１０（ａ）から図１０（ｂ）では、図を見易くするために、モールド樹脂１８を破線で示している。また、図９においても、図７および図１０（ａ），図１０（ｂ）対応する断面位置を、それぞれ、一点鎖線ＸＡ-ＸＡおよび一点鎖線ＸＢ-ＸＢで示してある。

[0072] 図７に示す電力変換装置１００は、図３（ａ）から図３（ｄ）のバスバー７０を用いた電力変換装置である。図７の電力変換装置１００では、バスバ

ー７０のＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの一部を露出するようにして、図１に示したＵ，Ｖ，Ｗの各相および上アームと下アームにそれぞれ対応する６つＳＷ素子からなるインバータ回路１０が、樹脂モールドされている。モールド樹脂１８は、エポキシ樹脂等の絶縁樹脂材料からなり、樹脂モールドする各構成部品を成形型内に配置したのち、成形型内に封止（トランスファー）することで成形される。図７の電力変換装置１００は、モールド樹脂１８が扁平な直方体の形状に成形されて、モジュール化されている。モールド樹脂１８の内部は、図中に点線で示したように、上アームと下アームおよびＵ，Ｖ，Ｗの各相に対応した６つＳＷ素子をそれぞれ配置する、６つのブロックに区画されている。

[0073] このように、図７に示す電力変換装置１００は、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相および上アームと下アームの６個のＳＷ素子を樹脂モールドして一体化した、所謂、６ｉｎ１構造のモジュールとなっている。そして、バスバー７０のＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの一部（図３（ｄ）に示した電源側Ｐ電極部Ｅｐｅと電源側Ｎ電極部Ｅｎｅ）が、扁平な直方体の一つの側面Ｓ１から引き出されている。一方、バスバー７０が引き出される側面Ｓ１と対向した側面Ｓ２からは、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相に対応した３つの出力端子２０が引き出されている。また、側面Ｓ１からは、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相に対応した下アームの３個のＳＷ素子１Ｌをそれぞれ制御するための制御端子１７が引き出され、側面Ｓ２からは、上アームの３個のＳＷ素子１Ｈをそれぞれ制御するための制御端子１７が引き出されている。

[0074] 図７の電力変換装置１００において、上アームと下アームの２つのＳＷ素子１Ｈ，１Ｌは、バスバー７０のＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎが引き出される側面Ｓ１と直交する側面Ｓ３，Ｓ４に沿って、並べて配置されている。この場合には、図３（ｄ）で説明したように、上アームのＳＷ素子１Ｈと下アームのＳＷ素子１Ｌの並び方向に沿って、平板状のバスバー７０におけるＰ電極（素子側Ｐ電極部Ｅｐｓ）とＮ電極（素子側Ｎ電極部Ｅｎｓ）の引き出しが可能となる。これによって、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎを平行導体で構成する

範囲を最大化することができる。

[0075] また、図７の電力変換装置１００では、扁平な直方体に成形されたモールド樹脂１８の上面Ａ１に、第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗ，１１ｎの一表面が露出している。尚、図８に示すように、上アームの第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗは、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相で別体とされており、下アームの第１放熱板１１ｎは、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相を連結する一体化された放熱板が用いられる。上アームの第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗからは、それぞれ、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相の出力端子２０が引き出されている。また、図７に示すモールド樹脂１８の下面Ａ２においても、図８に示す第２放熱板１２ｐ，１２ｕ，１２ｖ，１２ｗの一表面が露出している。図８に示すように、上アームの第２放熱板１２ｐは、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相を連結する一体化された放熱板が用いられ、下アームの第２放熱板１２ｕ，１２ｖ，１２ｗは、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相で別体とされている。

[0076] 上記のように、上アームの第２放熱板１２ｐと下アームの第１放熱板１１ｎは、それぞれ、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相を連結する一体化された放熱板として形成されている。これに限らず、上アームの第２放熱板と下アームの第１放熱板についても、電気的に接続されていれば。Ｕ，Ｖ，Ｗ相毎に別体の放熱板として構成するようにしてもよい。第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗ，１１ｎと第２放熱板１２ｐ，１２ｕ，１２ｖ，１２ｗは、ヒートシンクに相当するもので、例えばＣｕ、Ａｌ、Ｆｅ等を主成分とした材料を用い、表面に接続用のメッキを施して形成されている。

[0077] 次に、図７に示す電力変換装置１００の内部構造について、図８～図１０（ｂ）を参照して説明する。

[0078] 電力変換装置１００のモジュールにおいては、次のような構成を採用している。

[0079] 図８に示す上アームと下アームのＳＷ素子１Ｈ，１Ｌは、半導体チップの第１表面（図の上面）に負電極と制御パッドが形成され、第２表面（図の下面）に正電極が形成された縦型の素子を採用している。例えば、負電極は、

ＭＯＳＦＥＴのソースやＩＧＢＴのエミッタであり、正電極は、ＭＯＳＦＥＴのドレインやＩＧＢＴのコレクタであり、制御パッドは、ゲート電極に接続する配線等である。

[0080] ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌの半導体チップは、Ｓｉ，ＳｉＣ，ＧａＮ等を母材基板として形成されている。ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌの各半導体チップは、モールド樹脂１８の上面Ａ１に露出する第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗ，１１ｎと下面Ａ２に露出する第２放熱板１２ｐ，１２ｕ，１２ｖ，１２ｗの間に、上記第２表面を下にして配置している。尚、電力変換装置１００では、許容電流を大きくするため、図８中に点線で囲って示したＵ，Ｖ，Ｗの各相および上アームと下アームに対応する各ブロックにおいて、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌを並列接続される２個の半導体チップで構成している。また、各ブロックのＳＷ素子１Ｈ，１Ｌの半導体チップの近くには、該ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌに逆並列に接続するＦＷＤ２Ｈ，２Ｌの半導体チップが配置されている。尚、本実施形態では、ＳＷ素子１Ｈ，１ＬとＦＷＤ２Ｈ，２Ｌの各半導体チップを別々のチップとして形成しているが、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相および上アームと下アームに対応する各ブロックの半導体チップを、１個のチップで形成するようにしてもよい。

[0081] 図９に示すように、ＳＷ素子１Ｈ，１ＬとＦＷＤ２Ｈ，２Ｌの各半導体チップは、直下の第２放熱板１２ｐ，１２ｕ，１２ｖ，１２ｗに、半田等の接合材を用いて接合される。ＳＷ素子１Ｈ，１ＬとＦＷＤ２Ｈ，２Ｌの各半導体チップの直上には、第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗ，１１ｎと接合するため、高さ調整用の中継電極１９が、半田等の接合材を用いて接合される。また、第２放熱板１２ｐ，１２ｕ，１２ｖにおいて、それぞれの厚さ方向における第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗとの重なり領域には、両者を電気接続するための中継端子２１が、半田等の接合材を用いて接合される。中継電極１９と中継端子２１は、第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗ，１１ｎおよび第２放熱板１２ｐ，１２ｕ，１２ｖ，１２ｗと同様で、例えばＣｕ、Ａｌ、Ｆｅ等を主成分とした材料を用い、表面に接続用のメッキを施して形

成されている。また、接合材としては、導電性を有していて、例えば熱伝導率が３０～４００Ｗ／ｍＫの金属接合材料であれば良く、半田の他、Ａｇペーストなどを用いることができる。

[0082] 図１０（ｂ）に示すように、より詳細には、上アームと下アームのＳＷ素子１Ｈ，１Ｌの下面に形成されている正電極を、それぞれ、直下にある第２放熱板１２ｐ，１２ｕ，１２ｖ，１２ｗに半田等の接合材を用いて電気接続する。また、上アームと下アームのＳＷ素子１Ｈ，１Ｌの上面に形成されている負電極を、それぞれ、中継電極１９を介して、上方にある第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗ，１１ｎに半田等の接合材を用いて電気接続する。そして、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌの上面に形成されている制御パッドを、ボンディングワイヤ２２を介して、制御端子１７に電気接続する。また、上アームのＳＷ素子１Ｈの上方にある第１放熱板１１ｕ，１１ｖ，１１ｗと、下アームのＳＷ素子１Ｌの直下にある第２放熱板１２ｐ，１２ｕ，１２ｖを、それぞれ、中継端子２１を介して、半田等の接合材を用いて電気接続する。

[0083] そして、図１０（ａ）に示すように、上アームのＳＷ素子１Ｈの直下にある第２放熱板１２ｐにバスバー７０のＰ電極Ｅｐを、下アームのＳＷ素子１Ｌの上方にある第１放熱板１１ｎにバスバー７０のＮ電極Ｅｎを、半田等の接合材を用いて接続する。

[0084] 尚、図１０（ｂ）に示す制御端子１７は、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌのゲート配線等の各種信号線を構成する信号線端子となるものある。例えば、制御端子１７は、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌの半導体チップの表面側に形成されたゲート電極に接続するパッドに、ＡｕやＡｌ等からなるボンディングワイヤ２２を介して、電気的に接続されている。制御端子１７における半導体チップとは反対側の端部は、モールド樹脂１８から露出させられており、この露出部分を通じて外部との接続が行えるように構成されている。

[0085] 電力変換装置１００において、図２に示した平滑コンデンサ４を終端する電源回路のインダクタンスＬｄを構成する電流経路は、図１０（ａ），図１０（ｂ）の断面図では、以下の順番となる。すなわち、図１０（ａ）バスバ

ー７０のＰ電極Ｅｐ→第２放熱板１２ｐ→図１０（ｂ）第２放熱板１２ｐ→ＳＷ素子１Ｈ→中継電極１９→第１放熱板１１ｕ→中継端子２１→第２放熱板１２ｕ→ＳＷ素子１Ｌ→中継電極１９→第１放熱板１１ｎ→図１０（ａ）第１放熱板１１ｎ→バスバー７０のＮ電極Ｅｎ、の順である。尚、図１０（ａ），図１０（ｂ）はＵ相の電流経路について記載されているが、Ｖ相とＷ相の電流経路も、上記Ｕ相の電流経路と基本的に同じである。

[0086] また、電力変換装置１００のバスバー７０には、表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路４０が備えられており、上記したバスバー７０のＰ電極ＥｐからＮ電極Ｅｎに至る電流経路が、スナバ回路４０で短絡される。従って、図２に示したスナバ回路４０を終端するスナバ回路のインダクタンスＬｓは、上記した電源回路のインダクタンスＬｄに較べて、非常に小さな値にすることができる。

[0087] 電力変換装置１００では、前述したように、図３（ｄ）にクロスハッチングで示したバスバー７０のＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎが平行導体とされる部分で磁束打消しによるインダクタンスの低減効果が発生する。このため、上記電源回路のインダクタンスＬｄを極めて小さくすることが可能である。また、電源回路のインダクタンスＬｄが小さいので、インダクタンスによるサージエネルギーが小さく、それを吸収するのに必要なスナバ回路４０のコンデンサの容量値が小さくて済む。

[0088] また、図１０（ｂ）に示すように、表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路４０は、モールド樹脂１８の直方体の内部に樹脂モールドされるように、バスバー７０のＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの間に配置される構成となっている。これによって、スナバ回路４０の容量素子が２つのＳＷ素子１Ｈ，１Ｌに近い位置に配置される。このため、数式２で説明したように、スナバ回路４０を配置しない場合は言うまでもなく、スナバ回路４０を直方体の外部に配置する場合に較べても、図２に示したスナバ回路４０のインダクタンスＬｓをより小さくすることができる。従って、サージ電圧ΔＶを十分に抑制することができ、インダクタンスに蓄えられる磁気エネルギーが低減する

ため、電流経路に潜む寄生容量成分との共振が早く制動し、結果リンギングが発生する期間を短くすることができる。

[0089] また、図８と図９に示したように、電力変換装置１００では、上アームの第２放熱板１２ｐと下アームの第１放熱板１１ｎが、それぞれ、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相を連結する一体化された放熱板として形成されている。そして、この第２放熱板１２ｐと第１放熱板１１ｎの点線で囲った各ブロックの中間領域において、バスバー７０の二股に分かれたＰ電極とＮ電極（図３（ｄ）の素子側Ｐ電極部Ｅｐｓと素子側Ｎ電極部Ｅｎｓ）が、それぞれ接合される構成となっている。この構成によって、直流電源からの電流供給を、Ｕ，Ｖ，Ｗの各相に対して配線抵抗のバラツキなく行うことができる。

[0090] また、上記構成による電力変換装置１００は、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌの各半導体チップで発生する熱を、扁平な直方体に成形されたモールド樹脂１８の上面に露出する第１放熱板と下面に露出する第２放熱板を介して、両表面から放熱することができる。さらに、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌで発生する熱だけでなく、図１０（ａ）に示すように、スナバ回路４０で発生する熱についても、第１放熱板と第２放熱板を介した放熱が可能である。より詳細に説明すると、スナバ回路４０で発生するＳＷ損失は比較的大きく、ＳＷ損失全体の２～４割程度を占め、その多くが抵抗成分にて熱として消費される。従って、スナバ回路４０は、放熱しやすい構造にあることが極めて重要になる。上記したバスバー７０において、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの間に挿入されるスナバ回路４０は、図５に示したように、表面実装型の容量素子４０ｃの両側に２分割されて、抵抗層４０ｒが積層されている。抵抗層４０ｒの形状は、電流が流れる経路（この場合厚み方向）のアスペクトが極めて小さく、電流経路の断面積が大きいことが特徴である。このような形状を取ることで、抵抗層４０ｒでの発熱を十分に分散して、それぞれ、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎに伝達することが可能となる。そして、図１０（ａ）に示すように、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎは、それぞれ第２放熱板１２ｐと第１放熱板１１ｎに接続されているため、抵抗層４０ｒでの発熱をこれら放熱板から逃がすことができ

る。

[0091] また、電力変換装置１００では、図９に示すように、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌで発生する熱と、スナバ回路４０で発生しＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎに伝達される熱は、それらが接続されている直上および直下の第１放熱板と第２放熱板の各位置で放熱される。従って、第１放熱板と第２放熱板のそれぞれにおいて、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌで発生する熱の伝熱経路とスナバ回路４０で発生する熱の伝熱経路とは、互いに交わることがない。このため、ＳＷ素子１Ｈ，１Ｌとスナバ回路４０で発生する熱の放熱が互いに干渉して阻害されることがなく、効率的な放熱が可能である。

[0092] このように、上記構成の電力変換装置１００は、第１放熱板と第２放熱板を介した両表面からの放熱を効果的に利用するため、モジュールが、絶縁層を介して、水冷冷却器で挟まれた構成とすることが好ましい。これによって、ＳＷ素子で発生する熱およびスナバ回路の容量素子や抵抗で発生する熱が、モジュールの外面に露出している放熱板から絶縁層を介して水冷冷却器に伝達され、高い冷却効果を発揮させることができる。

[0093] 図７～図１０（ｂ）では、６ｉｎ１構造のモジュールとなっている電力変換装置１００の例を示した。しかしながら、本開示に係るバスバーとそれを用いる電力変換装置はこれに限らず、２ｉｎ１構造のモジュールや４ｉｎ１構造のモジュール等、上アームと下アームの直列接続された２つのＳＷ素子を複数組備えるモジュールであってもよい。尚、２ｉｎ１構造のモジュールや４ｉｎ１構造のモジュールの場合には、図３（ａ）から図３（ｄ）の二股に分かれたＵ字形状のバスバー７０に代えて、二股に分かれたＵ字の一方だけからなる、Ｉ字形状のバスバーが用いられる。また、上アームと下アームの２つのＳＷ素子をｎ組（ｎ≧３）備えるモジュールの場合には、（ｎ－１）個の上記Ｉ字形状のバスバーをモールド樹脂の外部で連結して、櫛歯形状のバスバーとすることが好ましい。

[0094] 次に、図７～図１０（ｂ）に示した電力変換装置１００においてバスバー７０に代えて適用可能な、図３（ａ）から図３（ｄ）のバスバー７０の変形

例について説明する。

[0095] 図１１（ａ）から図１２は、それぞれ、上記バスバー７０の変形例を示す図である。図１１（ａ）は、バスバー７０ａの上面図であり、図１１（ｂ）は、図１１（ａ）における一点鎖線ＸＩＡ-ＸＩＡでの断面図である。また、図１２は、バスバー７０ｂの断面図である。尚、図１１（ａ）、図１１（ｂ）と図１２に示すバスバー７０ａ，７０ｂにおいて、図３に示したバスバー７０と同様の部分については、同じ符号を付した。また、以下では、図３（ａ）から図３（ｄ）に示したバスバー７０および図７～図１０（ｂ）に示した電力変換装置１００の各部の符号も参照しながら、図１１（ａ）、図１１（ｂ）と図１２のバスバー７０ａ，７０ｂについて説明する。

[0096] 図１１（ａ）、図１１（ｂ）に示すバスバー７０ａは、図３（ａ）から図３（ｄ）に示したバスバー７０と同様で、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎをできるだけ広範囲に平行導体で構成して低インダクタンス化するため、次の構成となっている。すなわち、モジュールの内部に樹脂モールドされる素子側Ｐ電極部Ｅｐｓと素子側Ｎ電極部Ｅｎｓとが、互いに異なる長さの短冊形状である。そして、素子側Ｐ電極部Ｅｐｓと素子側Ｎ電極部Ｅｎｓのうち、短いほうの短冊であると素子側Ｎ電極部Ｅｎｓが、長いほうの短冊である素子側Ｐ電極部Ｅｐｓに対して、絶縁層７１を挟んで重なるように配置されてなる構成である。この短冊形状で重なるように配置された素子側Ｐ電極部Ｅｐｓと素子側Ｎ電極部Ｅｎｓの長辺方向に沿って、図９に示したように上アームと下アームのＳＷ素子１Ｈ，１Ｌを配置することにより、最短長さでＰ電極とＮ電極の引き出しが可能となる。

[0097] 一方、図３（ａ）から図３（ｄ）のバスバー７０では、表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路４０が、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの重なり部分の一部において、絶縁層７１に代えて挿入され、Ｐ電極とＮ電極の間に電気接続されていた。これに対して、図１１（ａ）、図１１（ｂ）のバスバー７０ａでは、スナバ回路４１ａを、絶縁層７１を挟んでいない長いほうの短冊の素子側Ｐ電極部Ｅｐｓ上に搭載している。そして、スナバ回路４１ａの上

面電極とＮ電極Ｅｎを接続する接続金具４２ａを介して、Ｐ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの間に電気接続するようにしている。この構成は、絶縁層７１と素子側Ｎ電極部Ｅｎｓから突き出した長い素子側Ｐ電極部Ｅｐｓ上の空きスペースを、スナバ回路４１ａの搭載に利用するものである。この構成では、図３（ａ）から図３（ｄ）のバスバー７０のようにＰ電極ＥｐとＮ電極Ｅｎの重なり部分の一部にスナバ回路４０を絶縁７１層に代えて挿入する構成に較べて、スナバ回路４１ａのサイズ上の制約が小さくなる。尚、図１１（ａ）、図１１（ｂ）のバスバー７０ａを図７～図１０（ｂ）に示した電力変換装置１００に適用する場合、第１放熱板１１ｎとＮ電極Ｅｎの接合は、所定厚さに調節された第１放熱板１１ｎに対して、接続金具４２ａの上面で行われる。

[0098] また、図１２に示すバスバー７０ｂでは、スナバ回路４１ｂの上面電極とＮ電極Ｅｎの接続にＡｌ，Ｃｕ等のボンディングワイヤ４２ｂを用いている点で、図１１（ａ）、図１１（ｂ）のバスバー７０ａと異なっている。図１２のバスバー７０ｂについても、図１１（ａ）、図１１（ｂ）のバスバー７０ａと同様で、図３（ａ）から図３（ｄ）のバスバー７０に較べて、スナバ回路４１ｂのサイズ上の制約が小さくなることは言うまでもない。尚、図１２のバスバー７０ｂを図７～図１０（ｂ）に示した電力変換装置１００に適用する場合には、第１放熱板１１ｎとＮ電極Ｅｎの接合は、図３（ａ）から図３（ｄ）のバスバー７０と同様に、Ｎ電極Ｅｎの上面で行われる。従って、第１放熱板１１ｎとの接触によるボンディングワイヤ４２ｂの切断を防止するため、図１２に示すように、ボンディングのＮ電極Ｅｎの上面を低くして、ボンディングワイヤ４２ｂが第１放熱板１１ｎと接触しないようにすることが好ましい。

[0099] 以上のようにして、上述したバスバーを用いる上記電力変換装置は、従来の電力変換装置に較べて、放熱性に優れ、サージ電圧やリンギングを最適に抑制しうる電力変換装置とすることができる。

[0100] 従って、上記電力変換装置は、パワー密度が高く電力損失の小さな電力変

換装置が必要とされており、ＳＷ素子の大電流化、高電圧化および高速ＳＷ化に伴って、サージ電圧の抑制が課題となっている、車載用として好適である。

[0101] 上記の開示は、下記の態様を含む。

[0102] 本開示の第一の態様において、上アームを構成する第一スイッチング素子と下アームを構成する第二スイッチング素子とを有し、第一スイッチング素子と第二スイッチング素子は直列接続され、直流電源からの電圧および電流を変換して、第一スイッチング素子と第二スイッチング素子の接続点から負荷に電力を供給し、樹脂モールドされてモジュールを構成する電力変換装置に用いられ、平面形状を有するバスバーは、一端が前記直流電源の高電位側に接続され、もう一端が前記第一スイッチング素子の正電極側に接続される高電位電極と、一端が前記直流電源の低電位側に接続され、もう一端が前記第二スイッチング素子の負電極側に接続される低電位電極と、絶縁層とを有する。高電位電極と低電位電極は、絶縁層を挟んで、前記平板形状の厚さ方向において、少なくとも一部が互いに重なるように配置されてなる。表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路が、前記高電位電極と低電位電極の間に電気接続されてなる。

[0103] 上記バスバーは、平板状に形成されており、高電位電極と低電位電極が、絶縁層を挟んで、平板状のバスバーの厚さ方向において少なくとも一部が互いに重なるように配置された構造を採用している。すなわち、上記高電位電極と低電位電極を平板状のバスバーの厚さ方向において一つの面に投影した時、少なくとも一部が重なる配置関係とする。

[0104] 上記平板状のバスバーにおける高電位電極と低電位電極の配置関係は、電源回路のインダクタンスＬｄを小さくして、サージ電圧ΔＶを抑制するためのものである。すなわち、少なくとも一部が互いに重なるように配置された高電位電極と低電位電極は、該重なり部分において電流の流れる向きが逆であり、磁束打消しによるインダクタンスの低減効果が発生する。このインダクタンスの低減効果によって、上記バスバーにおいては、該バスバーに係る

電源回路のインダクタンスＬｄを小さくして、サージ電圧ΔＶを抑制することができる。また、インダクタンスＬｄに蓄えられる磁気エネルギーが低減するため、Ｌｄ経路に潜む寄生容量成分との共振が早く制動し、結果リンギングが発生する期間を短くすることができる。

[0105] また、上記バスバーにおいては、表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路が、高電位電極と低電位電極の間に電気接続されている。上記スナバ回路を接続することによって、上記バスバーにおいては、先の電源回路のインダクタンスＬｄに蓄積されるエネルギーをスナバ回路の容量素子に吸収させ、サージ電圧ΔＶをより低減することが可能である。

[0106] 代案として、前記スナバ回路は、前記高電位電極と低電位電極の重なり部分の間に挿入されていてもよい。この構成は、平板状のバスバーにおける高電位電極と低電位電極の間を、最短の電流経路で接続する構成である。従って、スナバ回路のインダクタンスＬｓも小さくなって、これによっても、サージ電圧ΔＶが抑制される。

[0107] 上記バスバーは、高電位電極と低電位電極をできるだけ広範囲に平行導体で構成して低インダクタンス化するため、次のような構成とすることが好ましい。すなわち、代案として、前記高電位電極は、前記モジュールの内部に樹脂モールドされる素子側高電位電極部を有してもよい。前記低電位電極は、前記モジュールの内部に樹脂モールドされる素子側低電位電極部を有してもよい。素子側高電位電極部と素子側低電位電極部は、互いに異なる長さの短冊形状である。前記素子側高電位電極部と前記素子側低電位電極部のうち、短いほうの短冊が、長いほうの短冊に対して、前記絶縁層を挟んで重なるように配置されてなる。この短冊形状で重なるように配置された素子側高電位電極部と素子側低電位電極部の長辺方向に沿って上アームと下アームのＳＷ素子を配置することにより、最短長さで高電位電極と低電位電極の引き出しが可能となる。

[0108] 代案として、前記高電位電極は、前記モジュールの内部に樹脂モールドされる素子側高電位電極部を有してもよい。前記低電位電極は、前記モジュー

ルの内部に樹脂モールドされる素子側低電位電極部を有してもよい。素子側高電位電極部と素子側低電位電極部は、互いに異なる長さの短冊形状である。前記素子側高電位電極部と前記素子側低電位電極部のうち、短いほうの短冊が、長いほうの短冊に対して、前記絶縁層を挟んで重なるように配置されてなる。前記スナバ回路が、前記絶縁層を挟んでいない長いほうの短冊上に搭載されている。この構成では、先の高電位電極と低電位電極の重なり部分の一部にスナバ回路を絶縁層に代えて挿入する構成に較べて、スナバ回路のサイズ上の制約が小さくなる。

[0109] 代案として、前記素子側高電位電極部と前記素子側低電位電極部のうち、長いほうの短冊が、前記厚さ方向において、短いほうの短冊を覆っていてもよい。これによれば、平行導体範囲を最大化した状態で、高電位電極と低電位電極の引き出しが可能となる。

[0110] 代案として、高電位電極と低電位電極が、それぞれ、金属板で構成されていてもよい。前記高電位電極と低電位電極の金属板が、互いに平行に配置されてなる。この場合、上記バスバーの高電位電極と低電位電極は、それぞれ、大電流を通電可能な金属板で構成し、磁束打消しによるインダクタンスの低減効果を最大化される。

[0111] 代案として、前記容量素子が、扁平な直方体の形状を有していてもよい。前記直方体の扁平な両表面に、電極層が形成されてなる。さらに、代案として、少なくとも一方の前記容量素子の電極層上に、抵抗層が積層されてもよい。前記抵抗層による抵抗が、前記容量素子に直列接続されてなる。容量素子に直列接続する抵抗の抵抗値Ｒｓには、適切な値がある。抵抗値Ｒｓが小さすぎると、低減したいサージが抑制できない。すなわち、寄生インダクタンスとスナバ回路の容量素子だけでは電流を消費しないので（寄生インダクタンスで蓄えてしまっている）、それを消費する抵抗が必要となる。また、電源回路のインダクタンスＬｄとスナバ回路の容量素子の間でＬＣ共振が起き易くなるといった問題もある。 一方、抵抗値Ｒｓが大きすぎると、ＳＷ素子で発生するサージがスナバ回路側へバイパスされないため、スナバ回路が

機能しなくなってしまう。上記バスバーにおいて、容量素子に抵抗を直列接続してスナバ回路を構成する場合には、特に、所定の抵抗値Ｒｓを２つに分割して、容量素子の両方の電極層上に、それぞれＲｓ／２の抵抗値を有する抵抗層が積層されてなる構成とすることが好ましい。これによれば、該２つ抵抗層における発熱を、それぞれ別の高電位電極と低電位電極に逃がすことができる。

[0112] 代案として、容量素子の両方の電極層上に、前記抵抗層が積層されてなってもよい。

[0113] 代案として、前記絶縁層が、熱可塑性樹脂からなってもよい。

[0114] 代案として、前記高電位電極は、前記モジュールの外部に露出する電源側高電位電極部を有してもよい。前記低電位電極は、前記モジュールの外部に露出する電源側低電位電極部を有してもよい。電源側高電位電極部と電源側低電位電極部は、前記厚さ方向において、一部が互いに重ならないように構成されてなる。

[0115] 本開示の第二の態様において、電力変換装置は、第一の態様によるバスバーと、第一スイッチング素子と第二スイッチング素子と、樹脂モールドとを有する。前記高電位電極と低電位電極の一部を露出するようにして、前記バスバーと前記第一スイッチング素子と第二スイッチング素子が扁平な直方体の形状に樹脂モールドされて、前記モジュールが構成されてなる。前記高電位電極と低電位電極の一部が、前記扁平な直方体の一つの側面（Ｓ１）から引き出されてなる。

[0116] 上記平板状のバスバーにおける高電位電極と低電位電極の配置関係は、電源回路のインダクタンスＬｄを小さくして、サージ電圧ΔＶを抑制するためのものである。すなわち、少なくとも一部が互いに重なるように配置された高電位電極と低電位電極は、該重なり部分において電流の流れる向きが逆であり、磁束打消しによるインダクタンスの低減効果が発生する。このインダクタンスの低減効果によって、上記バスバーにおいては、該バスバーに係る電源回路のインダクタンスＬｄを小さくして、サージ電圧ΔＶを抑制するこ

とができる。また、インダクタンスＬｄに蓄えられる磁気エネルギーが低減するため、Ｌｄ経路に潜む寄生容量成分との共振が早く制動し、結果リンギングが発生する期間を短くすることができる。

[0117] また、上記バスバーにおいては、表面実装型の容量素子で構成されたスナバ回路が、高電位電極と低電位電極の間に電気接続されている。上記スナバ回路を接続することによって、上記バスバーにおいては、先の電源回路のインダクタンスＬｄに蓄積されるエネルギーをスナバ回路の容量素子に吸収させ、サージ電圧ΔＶをより低減することが可能である。

[0118] 上述したバスバーを用いる上記電力変換装置は、従来の電力変換装置に較べて、放熱性に優れ、サージ電圧やリンギングを最適に抑制しうる電力変換装置とすることができる。

[0119] 代案として、前記スナバ回路が、前記直方体の内部に樹脂モールドされるように、前記バスバーの高電位電極と低電位電極の間に配置されてなってもよい。これによれば、容量素子が２つのＳＷ素子に近い位置に配置され、容量素子が直方体の外部に位置する場合に較べて、スナバ回路のインダクタンスＬｓをより小さくすることができる。

[0120] 代案として、前記第一スイッチング素子と第二スイッチング素子の各々は、半導体チップの第１表面に負電極と制御パッドが形成され、第２表面に正電極が形成されてなる縦型の素子であってもよい。前記第一スイッチング素子の半導体チップと第二スイッチング素子の半導体チップが、それぞれ、前記扁平な直方体の上面に露出する第１放熱板と下面に露出する第２放熱板の間に、前記第２表面を下にして配置されてなる。前記第一スイッチング素子の正電極と第二スイッチング素子の正電極が、それぞれ、直下にある前記第２放熱板に電気接続される。前記第一スイッチング素子の負電極と第二スイッチング素子の負電極が、それぞれ、上方にある前記第１放熱板に電気接続されてなる。前記第一スイッチング素子の上方にある第１放熱板と、第二スイッチング素子の直下にある第２放熱板とが、中継端子を介して、電気接続されてなる。前記第一スイッチング素子の直下にある第２放熱板に、前記バ

スバーの高電位電極が接続される。第二スイッチング素子の直上にある第１放熱板に、前記バスバーの低電位電極が接続されてなる。

[0121] 上記構成によれば、２つのＳＷ素子の各半導体チップにおいて、扁平な直方体の上面に露出する第１放熱板と下面に露出する第２放熱板を介した両表面からの放熱が可能となる。また、スナバ回路で発生する熱についても、第１放熱板と第２放熱板を介した放熱が可能である。さらには、第１放熱板と第２放熱板のそれぞれにおいて、ＳＷ素子で発生する熱の伝熱経路とスナバ回路で発生する熱の伝熱経路とは、互いに交わることがない。このため、ＳＷ素子とスナバ回路で発生する熱の放熱が互いに干渉して阻害されることがなく、効率的な放熱が可能である。

[0122] 代案として、前記第一スイッチング素子と第二スイッチング素子が、前記扁平な直方体の一つの側面と直交する側面に沿って、並べて配置されてなってもよい。この場合には、前述したように、上アームのＳＷ素子と下アームのＳＷ素子の並び方向に沿って、平板状のバスバーにおける高電位電極と低電位電極の引き出しが可能となり、高電位電極と低電位電極を平行導体で構成する範囲を最大化することができる。

[0123] 代案として、前記モジュールが、絶縁層を介して、水冷冷却器で挟まれていてもよい。

[0124] 代案として、前記電力変換装置が、車載用であってもよい。

[0125] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

[請求項1] 上アームを構成する第一スイッチング素子（１Ｈ）と下アームを構成する第二スイッチング素子（１Ｌ）とを有し、第一スイッチング素子と第二スイッチング素子は直列接続され、直流電源（２）からの電圧および電流を変換して、第一スイッチング素子と第二スイッチング素子の接続点から負荷（３）に電力を供給し、樹脂モールドされてモジュールを構成する電力変換装置（１００）に用いられ、平面形状を有するバスバー（７０）であって、

一端が前記直流電源の高電位側に接続され、もう一端が前記第一スイッチング素子（１Ｈ）の正電極側に接続される高電位電極（Ｅｐ）と、

一端が前記直流電源の低電位側に接続され、もう一端が前記第二スイッチング素子の負電極側に接続される低電位電極（Ｅｎ）と、

絶縁層（７１）とを有し、

高電位電極と低電位電極は、絶縁層を挟んで、前記平板形状の厚さ方向において、少なくとも一部が互いに重なるように配置されてなり、

表面実装型の容量素子（４０ｃ）で構成されたスナバ回路（４０）が、前記高電位電極と低電位電極の間に電気接続されてなるバスバー。

[請求項2] 前記スナバ回路は、

前記高電位電極と低電位電極の重なり部分の間に挿入されている、

請求項１に記載のバスバー。

[請求項3] 前記高電位電極は、前記モジュールの内部に樹脂モールドされる素子側高電位電極部（Ｅｐｓ）を有し、

前記低電位電極は、前記モジュールの内部に樹脂モールドされる素子側低電位電極部（Ｅｎｓ）を有し、

素子側高電位電極部と素子側低電位電極部は、互いに異なる長さの

短冊形状であり、

前記素子側高電位電極部と前記素子側低電位電極部のうち、短いほうの短冊が、長いほうの短冊に対して、前記絶縁層を挟んで重なるように配置されてなる、

請求項２に記載のバスバー。

[請求項4] 前記高電位電極は、前記モジュールの内部に樹脂モールドされる素子側高電位電極部（Ｅｐｓ）を有し、

前記低電位電極は、前記モジュールの内部に樹脂モールドされる素子側低電位電極部（Ｅｎｓ）を有し、

素子側高電位電極部と素子側低電位電極部は、互いに異なる長さの短冊形状であり、

前記素子側高電位電極部と前記素子側低電位電極部のうち、短いほうの短冊が、長いほうの短冊に対して、前記絶縁層を挟んで重なるように配置されてなり、

前記スナバ回路が、前記絶縁層を挟んでいない長いほうの短冊上に搭載されている、

請求項１に記載のバスバー。

[請求項5] 前記素子側高電位電極部と前記素子側低電位電極部のうち、長いほうの短冊が、前記厚さ方向において、短いほうの短冊を覆っている、

請求項３または４に記載のバスバー。

[請求項6] 前記高電位電極と低電位電極が、それぞれ、金属板で構成されてなり、

前記高電位電極と低電位電極の金属板が、互いに平行に配置されてなる、

請求項１乃至５のいずれか一項に記載のバスバー。

[請求項7] 前記容量素子（４０ｃ）が、扁平な直方体の形状を有してなり、

前記直方体の扁平な両表面に、電極層が形成されてなる、

請求項１乃至６のいずれか一項に記載のバスバー。

[請求項8] 少なくとも一方の前記容量素子の電極層上に、抵抗層（４０ｒ）が積層されてなり、

前記抵抗層による抵抗が、前記容量素子に直列接続されてなる、

請求項７に記載のバスバー。

[請求項9] 前記容量素子の両方の電極層上に、前記抵抗層が積層されてなる、

請求項８に記載のバスバー。

[請求項10] 前記絶縁層が、熱可塑性樹脂からなる、

請求項１乃至９のいずれか一項に記載のバスバー。

[請求項11] 前記高電位電極は、前記モジュールの外部に露出する電源側高電位電極部（Ｅｐｅ）を有し、

前記低電位電極は、前記モジュールの外部に露出する電源側低電位電極部（Ｅｎｅ）を有し、

電源側高電位電極部と電源側低電位電極部は、前記厚さ方向において、一部が互いに重ならないように構成されてなる、

請求項１乃至１０のいずれか一項に記載のバスバー。

[請求項12] 請求項１乃至１１のいずれか一項に記載のバスバーと、

第一スイッチング素子と第二スイッチング素子と、

樹脂モールドとを有する電力変換装置であって、

前記高電位電極と低電位電極の一部を露出するようにして、前記バスバーと前記第一スイッチング素子と第二スイッチング素子が扁平な直方体の形状に樹脂モールドされて、前記モジュールが構成されてなり、

前記高電位電極と低電位電極の一部が、前記扁平な直方体の一つの側面（Ｓ１）から引き出されてなる、

電力変換装置。

[請求項13] 前記スナバ回路が、前記直方体の内部に樹脂モールドされるように、前記バスバーの高電位電極と低電位電極の間に配置されてなる、

請求項１２に記載の電力変換装置。

[請求項14] 前記第一スイッチング素子と第二スイッチング素子の各々は、半導体チップの第１表面に負電極と制御パッドが形成され、第２表面に正電極が形成されてなる縦型の素子であり、

前記第一スイッチング素子の半導体チップと第二スイッチング素子の半導体チップが、それぞれ、前記扁平な直方体の上面（Ａ１）に露出する第１放熱板（１１ｕ，１１ｖ，１１ｗ，１１ｎ）と下面（Ａ２）に露出する第２放熱板（１２ｐ，１２ｕ，１２ｖ，１２ｗ）の間に、前記第２表面を下にして配置されてなり、

前記第一スイッチング素子の正電極と第二スイッチング素子の正電極が、それぞれ、直下にある前記第２放熱板に電気接続され、

前記第一スイッチング素子の負電極と第二スイッチング素子の負電極が、それぞれ、上方にある前記第１放熱板に電気接続されてなり、

前記第一スイッチング素子の上方にある第１放熱板（１１ｕ，１１ｖ，１１ｗ）と、第二スイッチング素子の直下にある第２放熱板（１２ｕ，１２ｖ，１２ｗ）とが、中継端子（２１）を介して、電気接続されてなり、

前記第一スイッチング素子の直下にある第２放熱板（１２ｐ）に、前記バスバーの高電位電極が接続され、

第二スイッチング素子の直上にある第１放熱板（１１ｎ）に、前記バスバーの低電位電極が接続されてなる、

請求項１２または１３に記載の電力変換装置。

[請求項15] 前記第一スイッチング素子と第二スイッチング素子が、前記扁平な直方体の一つの側面と直交する側面（Ｓ３，Ｓ４）に沿って、並べて配置されてなる、

請求項１４に記載の電力変換装置。

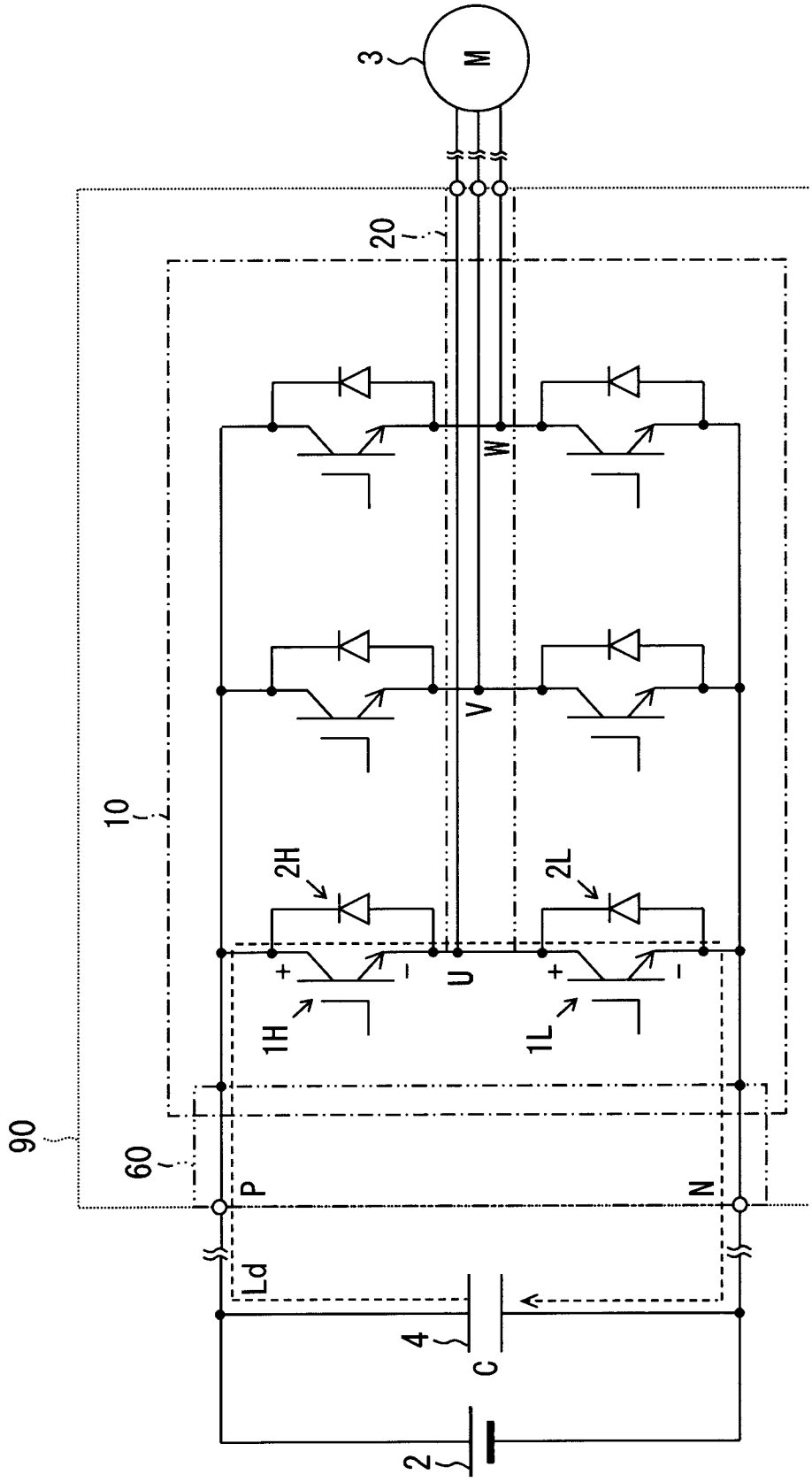
[請求項16] 前記モジュールが、絶縁層を介して、水冷冷却器で挟まれている、

請求項１４または１５に記載の電力変換装置。

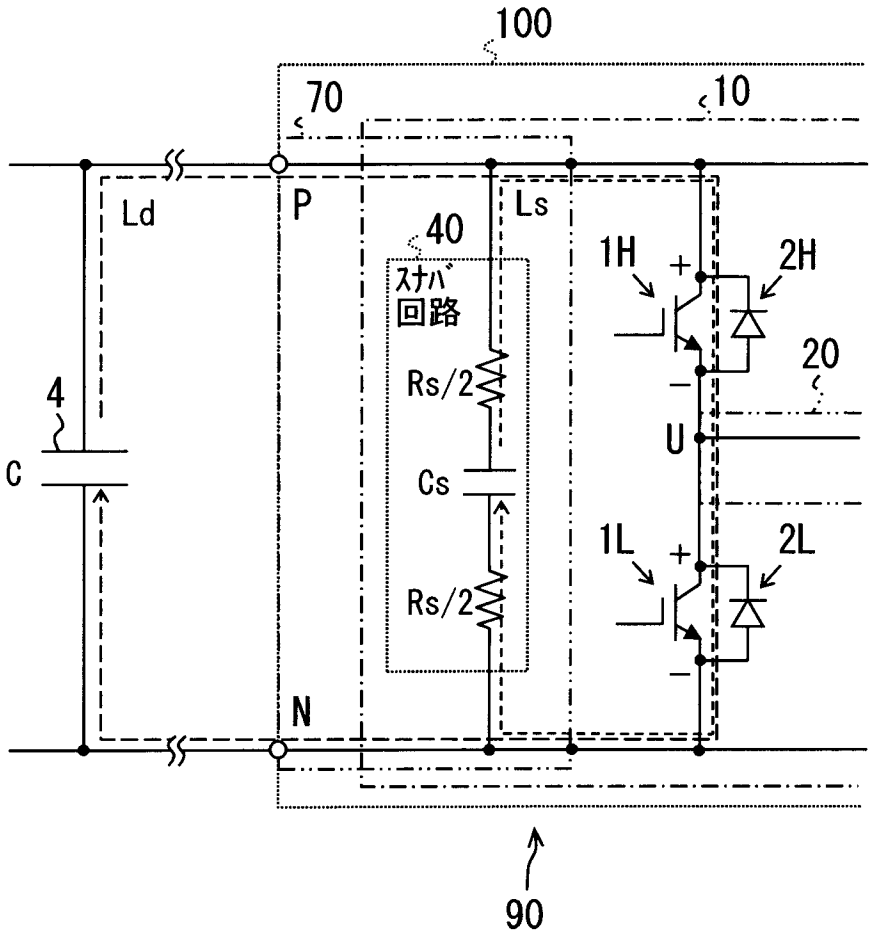
[請求項17] 前記電力変換装置が、車載用である、

請求項１２乃至１６のいずれか一項に記載の電力変換装置。

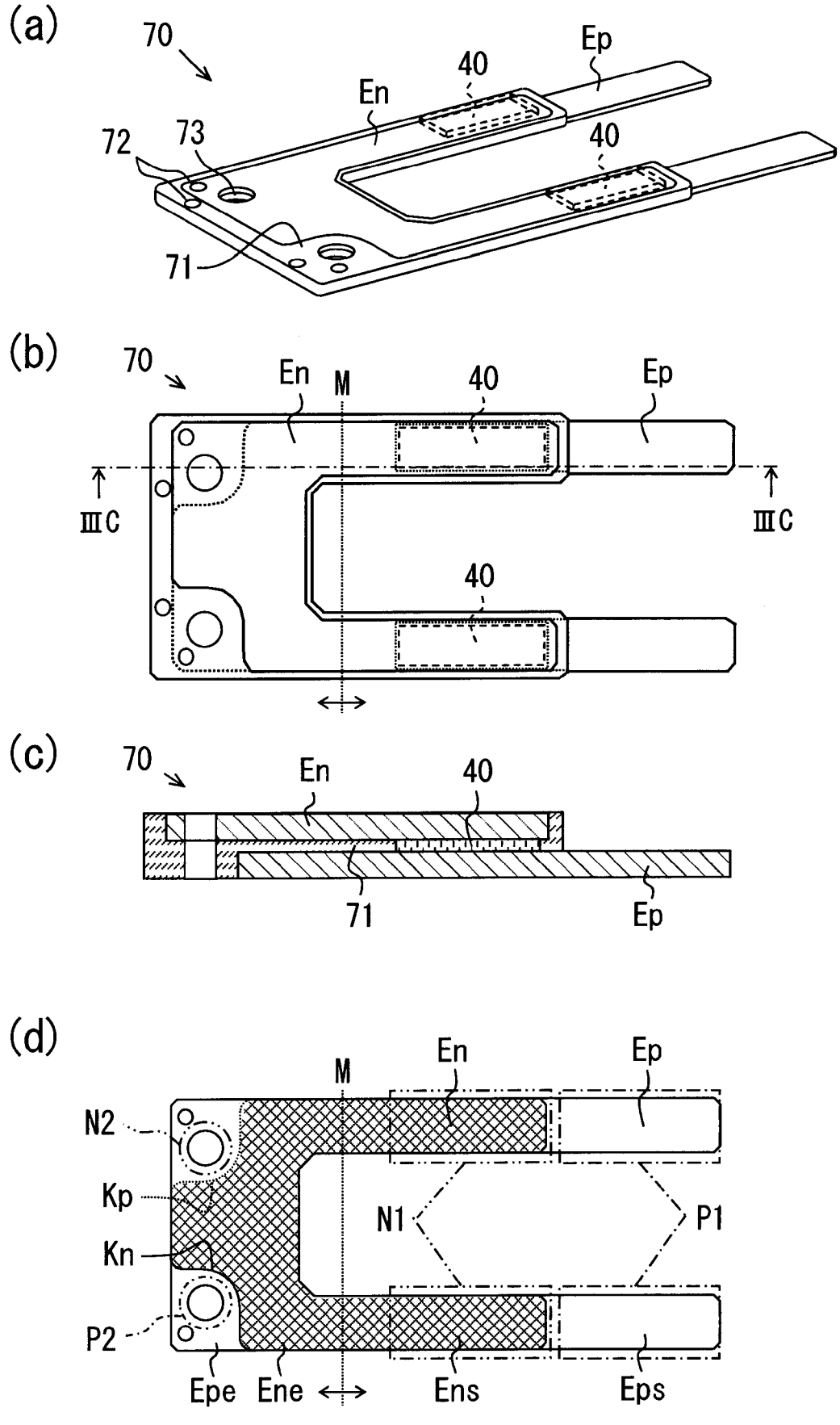
[図1]



[図2]

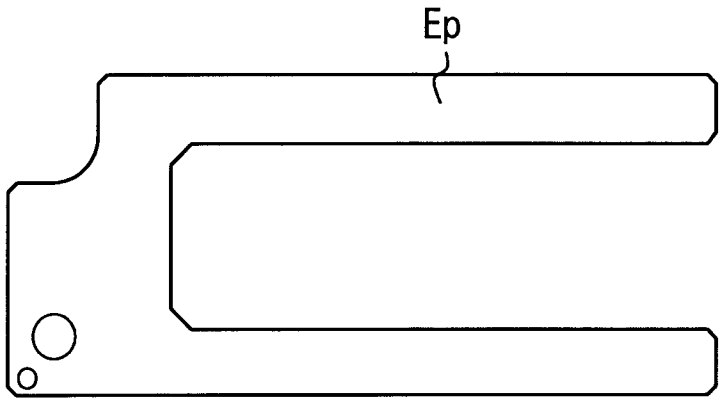


[図3]

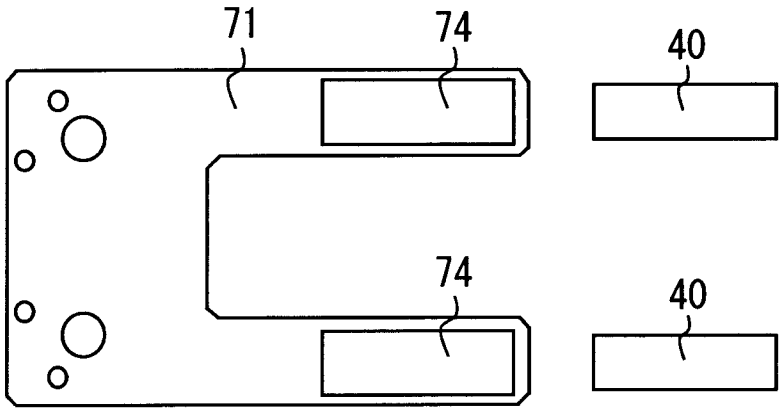

(a)
70
Ep
40
En
72
73
40
71
(b)
70
En
M
40
Ep
IIIC
IIIC
40
(c)
70
En
40
71
Ep
(d)
M
En
Ep
N2
Kp
N1
P1
Kn
P2
Epe
Ene
Ens
Eps

[図4]

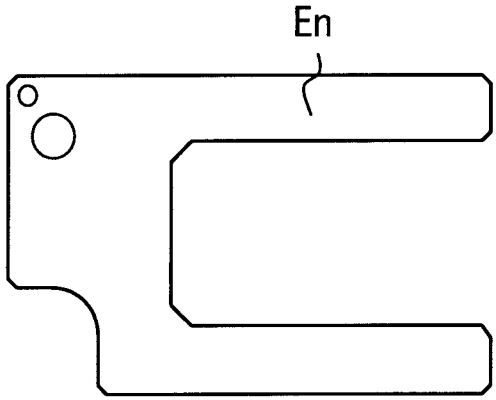
(a)



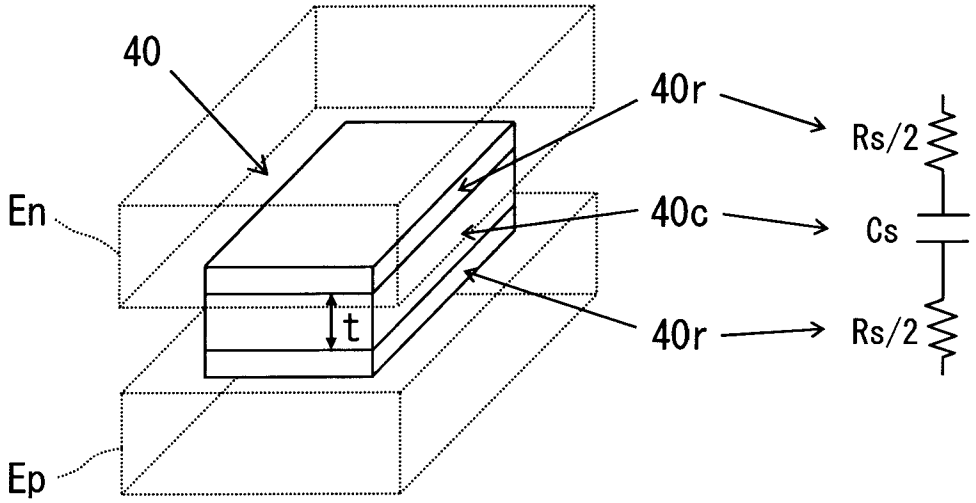
(b)



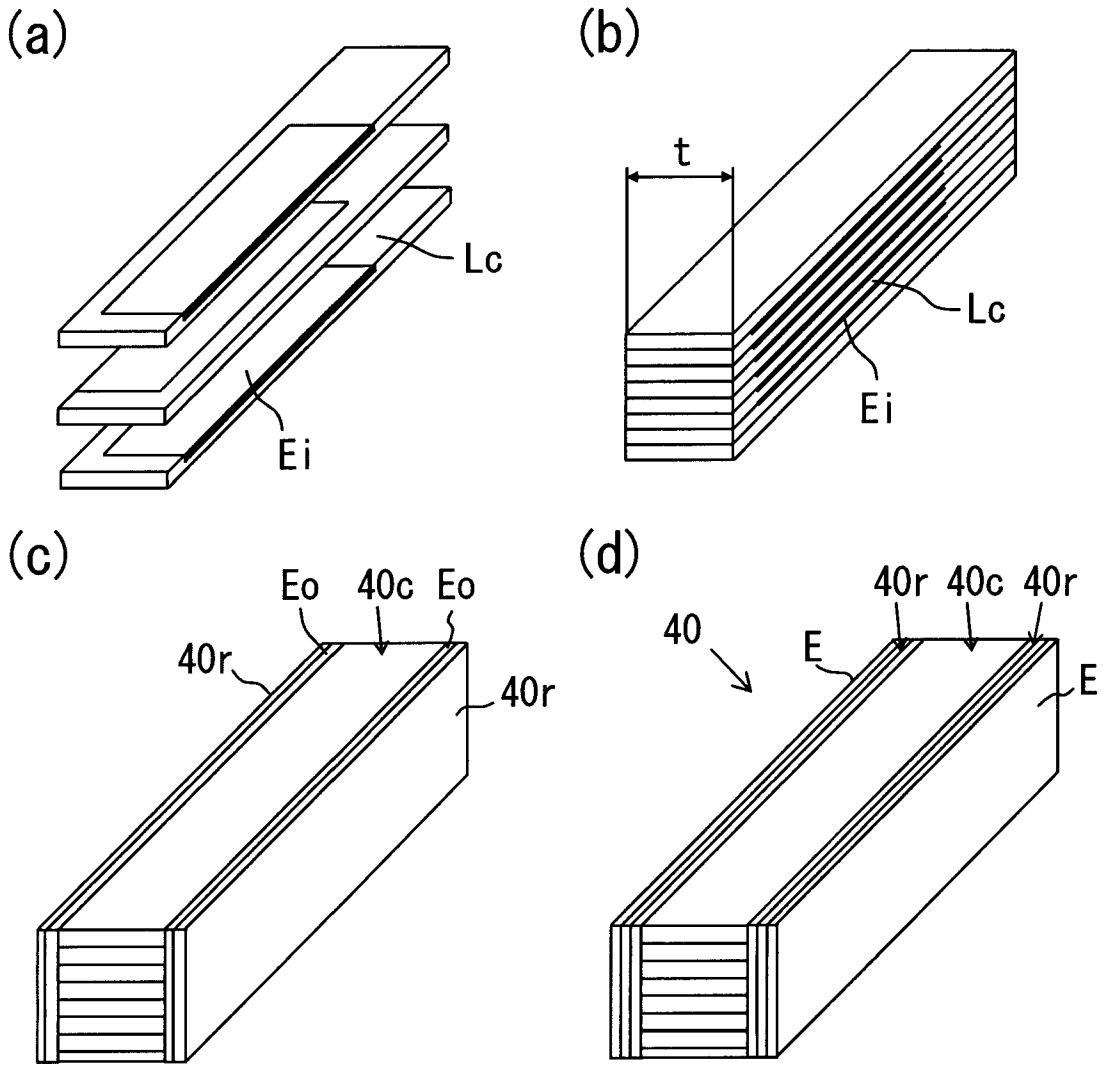
(c)



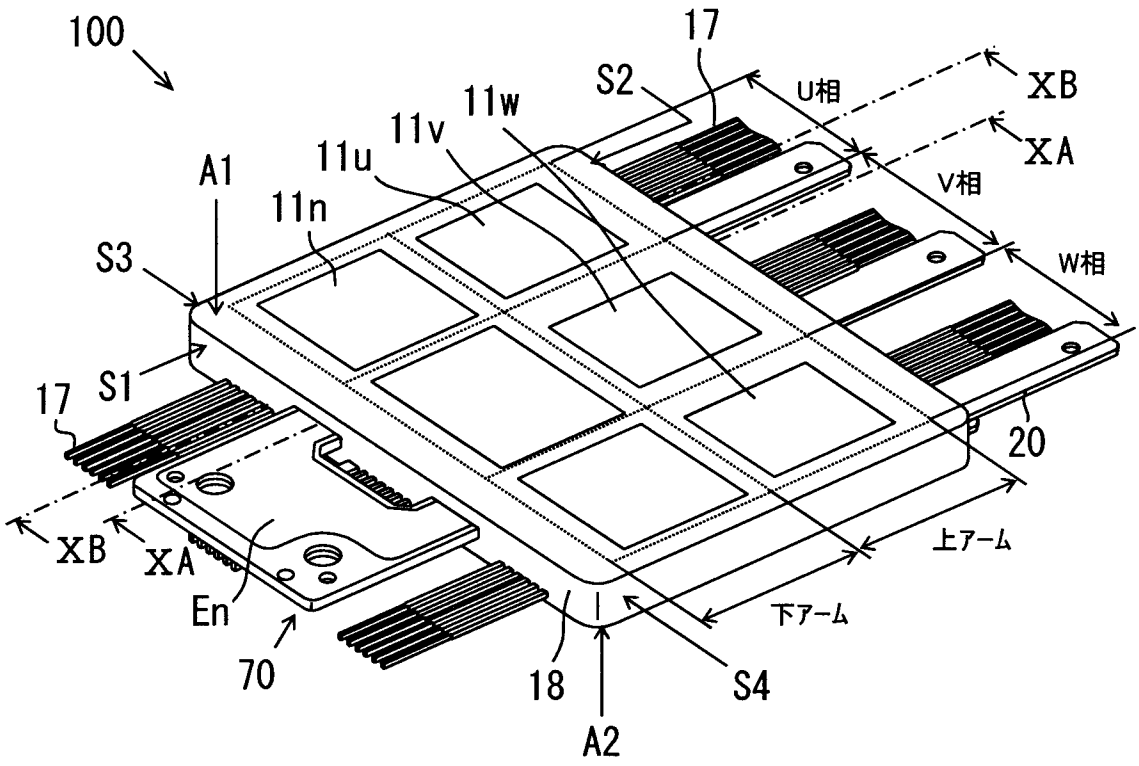
[図5]


40
40r
Rs/2
En
40c
Cs
t
40r
Rs/2
Ep

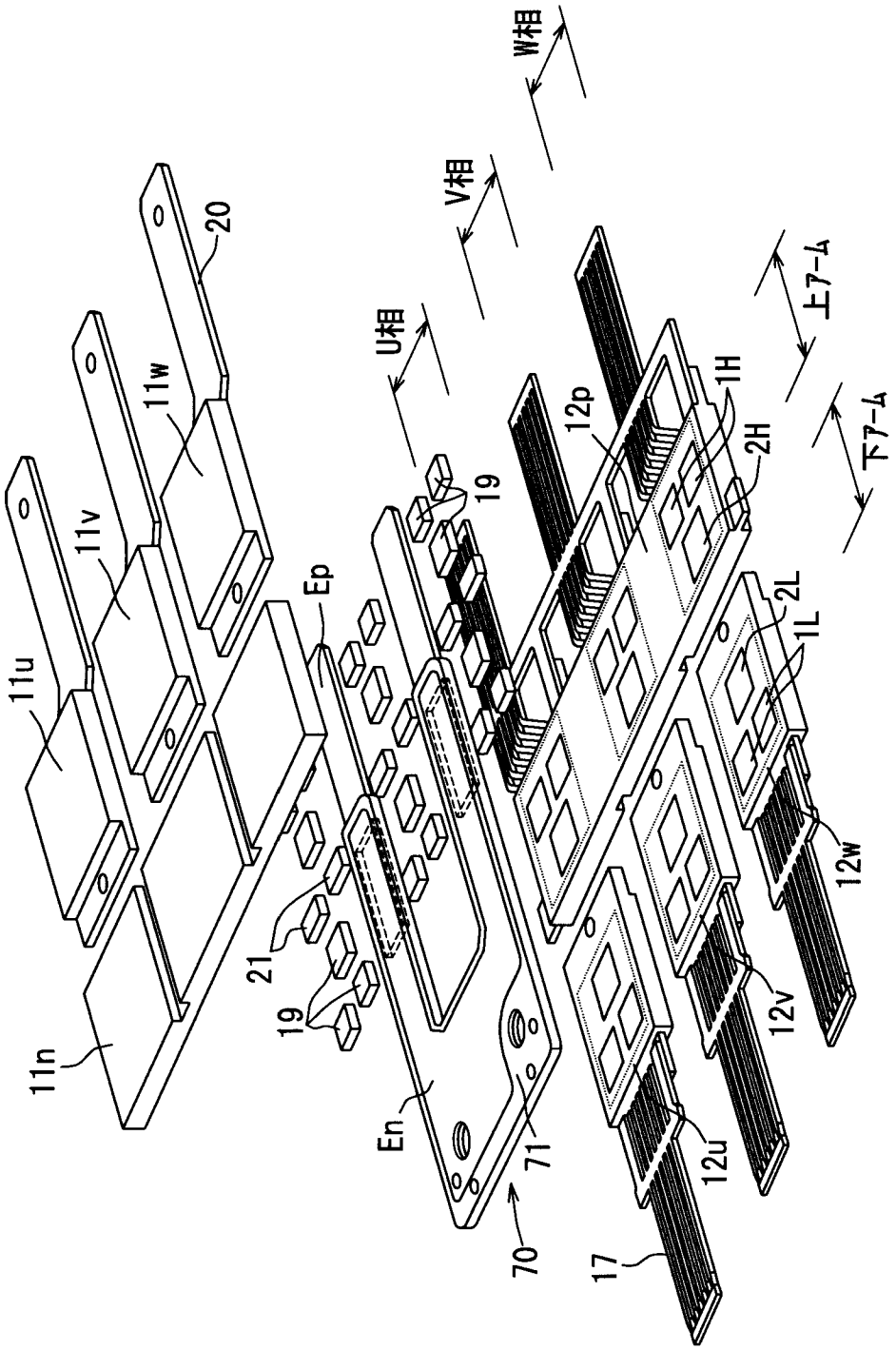
[図6]


(a)
Lc
Ei
(b)
t
Lc
Ei
(c)
Eo
40c
Eo
40r
40r
(d)
40r
40c
40r
40
E
E

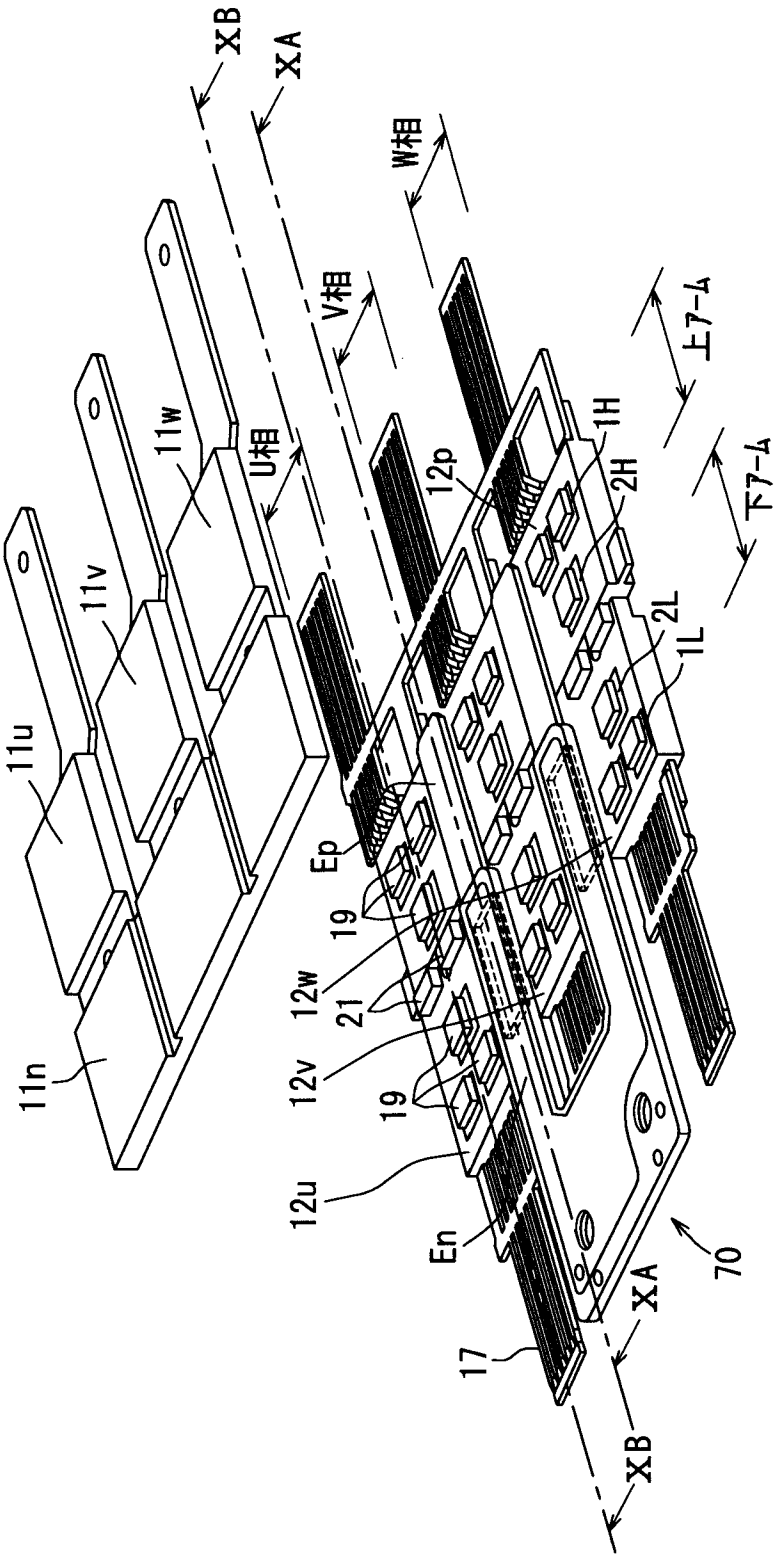
[図7]


100
17
S2
U相
XB
XA
11w
11v
11u
A1
11n
V相
W相
S3
S1
17
20
XB
XA
上アーム
En
下アーム
70
18
S4
A2

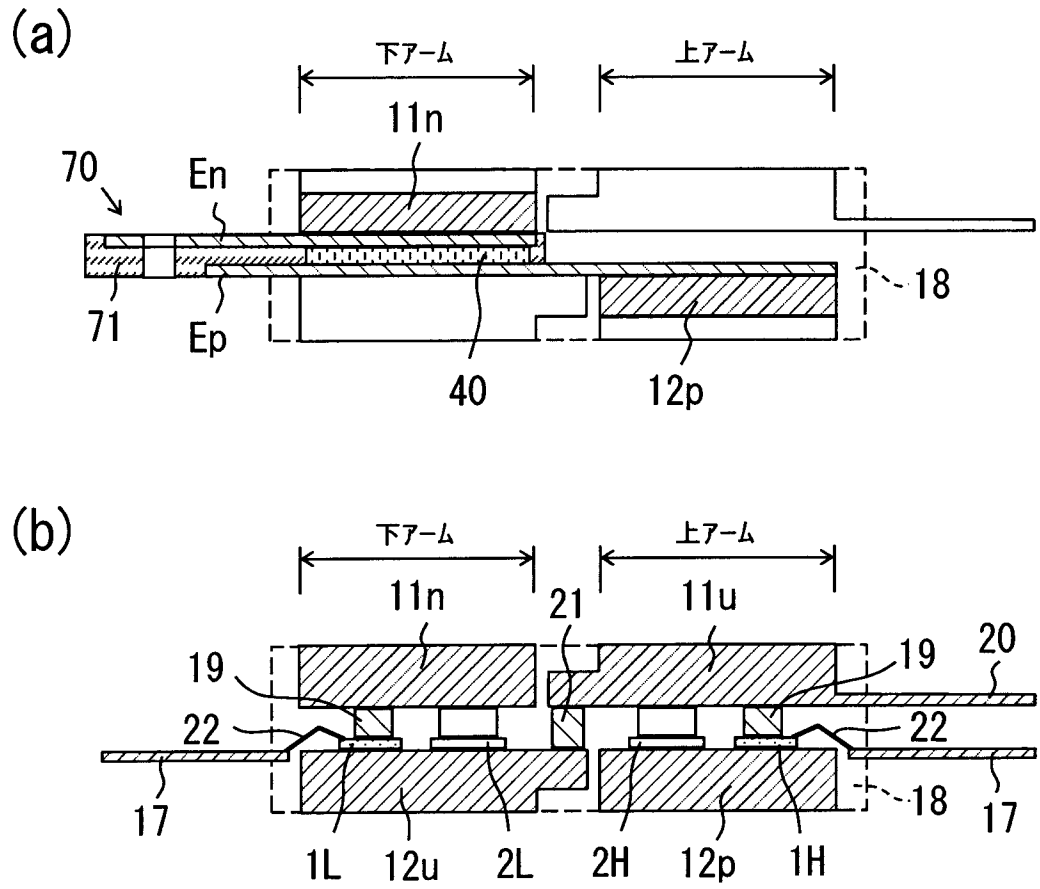
[図8]


W相
V相
U相
上アーム
下アーム
20
11w
11v
11u
11n
Ep
En
19
21
71
70
17
12p
12w
12v
12u
1H
2H
1L
2L

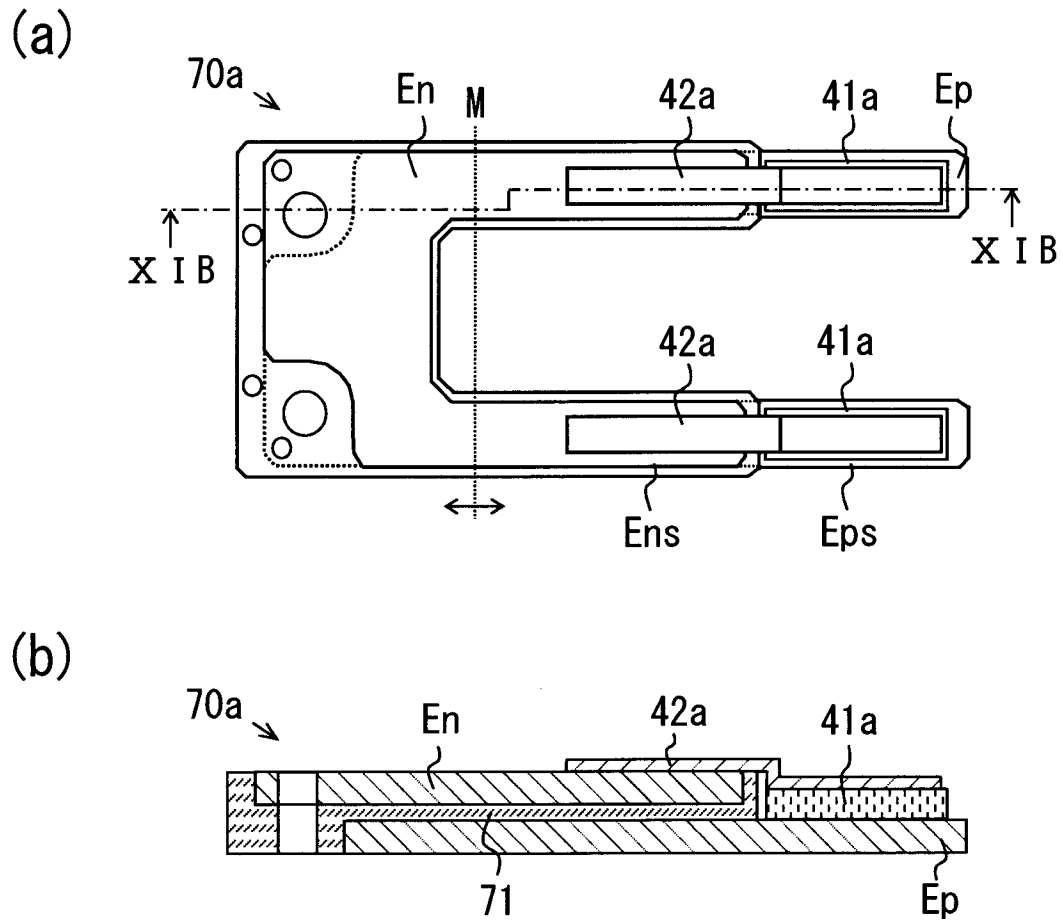
[図9]


XB
XA
W相
V相
U相
上アーム
下アーム
11w
11v
11u
11n
12p
12w
12v
12u
1H
2H
1L
2L
Ep
En
19
21
17
70

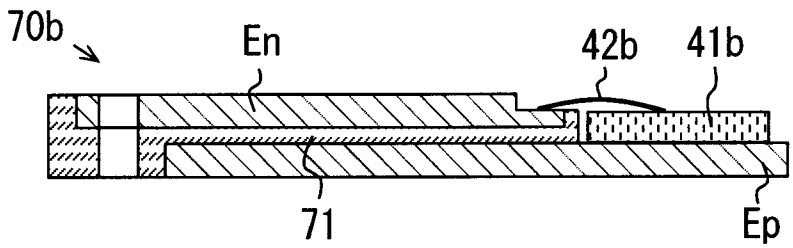
[図10]


(a)
下アーム
上アーム
11n
70
En
71
Ep
40
12p
18
(b)
下アーム
上アーム
11n
21
11u
19
19
20
22
22
17
17
18
1L
12u
2L
2H
12p
1H

[図11]


(a)
70a
En
M
42a
41a
Ep
X I B
X I B
42a
41a
Ens
Eps
(b)
70a
En
42a
41a
71
Ep

[図12]


70b
En
42b
41b
71
Ep

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/004841

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02M7/48(2007.01)i, *H05K7/06*(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)
H02M7/48, H05K7/06

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	JP 2007-53839 A (Toshiba Corp.), 01 March 2007 (01.03.2007), paragraphs [0011] to [0018]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-17
Y	JP 2008-92695 A (Toyota Motor Corp.), 17 April 2008 (17.04.2008), paragraphs [0029] to [0041], [0074] to [0075]; fig. 1, 6 (Family: none)	1-17
Y	JP 2007-209141 A (Denso Corp.), 16 August 2007 (16.08.2007), paragraphs [0028] to [0031]; fig. 1, 8 to 11 (Family: none)	1-17

☒ 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 08 December, 2014 (08.12.14)	Date of mailing of the international search report 16 December, 2014 (16.12.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/004841

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-10426 A (Denso Corp.), 12 January 2012 (12.01.2012), paragraphs [0053] to [0058]; fig. 8 to 9 (Family: none)	3-17
Y	JP 2013-21008 A (Toyota Motor Corp.), 31 January 2013 (31.01.2013), paragraphs [0036] to [0038], [0049] to [0056]; fig. 5 (Family: none)	14-17

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／００４８４１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02M7/48(2007.01)i, H05K7/06(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02M7/48, H05K7/06

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	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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
Y	JP 2007-53839 A (株式会社東芝) 2007.03.01, 段落 0011-0018, 図 1-2 (ファミリーなし)	1-17
Y	JP 2008-92695 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.04.17, 段落 0029-0041, 0074-0075, 図 1, 図 6 (ファミリーなし)	1-17
Y	JP 2007-209141 A (株式会社デンソー) 2007.08.16, 段落 0028-0031, 図 1, 図 8-11 (ファミリーなし)	1-17

☑　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	国際調査報告の発送日
０８．１２．２０１４	１６．１２．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｖ　５０６８
宮地　将斗
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７

Ｃ（続き）．　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
Y	JP 2012-10426 A (株式会社デンソー) 2012.01.12, 段落 0053-0058, 図 8-9 (ファミリーなし)	3-17
Y	JP 2013-21008 A (トヨタ自動車株式会社) 2013.01.31, 段落 0036-0038, 0049-0056, 図 5 (ファミリーなし)	14-17