

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6152859号
(P6152859)

(45) 発行日 平成29年6月28日(2017.6.28)

(24) 登録日 平成29年6月9日(2017.6.9)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2M	3/155	(2006.01)	HO2M	3/155	ZHVC
B6OL	3/00	(2006.01)	B6OL	3/00	J
B6OW	10/08	(2006.01)	B6OW	10/08	900
B6OK	6/445	(2007.10)	B6OK	6/445	

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2015-12502(P2015-12502)
 (22) 出願日 平成27年1月26日(2015.1.26)
 (65) 公開番号 特開2016-140151(P2016-140151A)
 (43) 公開日 平成28年8月4日(2016.8.4)
 審査請求日 平成28年4月21日(2016.4.21)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 110000110
 特許業務法人快友国際特許事務所
 (72) 発明者 広瀬 敏
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 審査官 東 昌秋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子機器と、その電子機器を搭載する自動車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体装置の表面に露出している電極が接合層を介して電気伝導体に接合されており、前記半導体装置の通電方向が双方向であって、時間の経過とともに前記接合層に正電流が流れる状態と逆電流が流れる状態が切り換わる電子機器であり、

前記正電流によって前記接合層に生じたエレクトロマイグレーション(EM)の進行指数(正電流EM進行指数)と前記逆電流によって前記接合層に生じたEMの進行指数(逆電流EM進行指数)の差(アンバランスEM進行指数)を算出する手段と、

前記正電流EM進行指数が前記逆電流EM進行指数を上回ったとき(正電流EM過剰時)に前記逆電流EM進行指数の増大速度を高速化する条件を採用し、前記逆電流EM進行指数が前記正電流EM進行指数を上回ったとき(逆電流EM過剰時)に前記正電流EM進行指数の増大速度を高速化する条件を採用する制御装置と、

を備えている電子機器。

【請求項2】

前記制御装置が、前記正電流EM過剰時に前記逆電流が流れるときの前記接合層温度を上昇させ、前記逆電流EM過剰時に前記正電流が流れるときの前記接合層温度を上昇させることを特徴とする請求項1に記載の電子機器。

【請求項3】

前記制御装置が、前記正電流EM過剰時に前記逆電流が流れる機会を増大させ、前記逆電流EM過剰時に前記正電流が流れる機会を増大させることを特徴とする請求項1または

2に記載の電子機器。

【請求項4】

前記正電流EM進行指数と前記逆電流EMの進行指数が均衡したときに前記増大速度を高速化する条件の採用を停止することを特徴とする請求項1～3のいずれかの1項に記載の電子機器。

【請求項5】

請求項1～4のいずれかの1項に記載の電子機器を搭載している電動自動車。

【請求項6】

電力変換器と、電力変換器に接続されているモータを備えている電動自動車であり、
前記電力変換器が、昇圧機能と降圧機能を合わせもつコンバータを備えており、
前記コンバータが、「スイッチング素子と、そのスイッチング素子に並列に接続されて
いるダイオード」を直列に2個接続した回路を構成する半導体装置を備えており、
前記半導体装置の高電位電極が高電位接合層を介して高電位配線に接合されており、
前記半導体装置の低電位電極が低電位接合層を介して低電位配線に接合されており、
前記高電位配線から前記低電位配線に流れる電流が正電流であり、
前記低電位配線から前記高電位配線に流れる電流が逆電流であり、
力行時には、前記低電位接合層に正電流が流れる状態と前記高電位接合層に逆電流が流
れる状態が交互に発生し、

回生時には、前記高電位接合層に正電流が流れる状態と前記低電位接合層に逆電流が流
れる状態が交互に発生し、

前記高電位接合層と前記低電位接合層のそれぞれの接合層において、前記正電流によ
って生じたエレクトロマイグレーション(EM)の進行指数(正電流EM進行指数)と前記
逆電流によって生じたEMの進行指数(逆電流EM進行指数)の差がアンバランスEM進
行指数であり、

前記電動自動車が、前記高電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数と前記低
電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数を算出する手段を備えており、

前記低電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数の絶対値が前記高電位接合層
に生じた前記アンバランスEM進行指数の絶対値よりも大きい場合は、前記低電位接合層
に生じた前記正電流EM進行指数が前記逆電流EM進行指数を上回るときに回生現象発生
中の前記接合層の温度を上昇させ、前記低電位接合層に生じた前記逆電流EM進行指数が
前記正電流EM進行指数を上回るときに力行現象発生中の前記接合層の温度を上昇させると
ともに、前記高電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数の絶対値が前記低電
位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数の絶対値よりも大きい場合は、前記高電
位接合層に生じた前記正電流EM進行指数が前記逆電流EM進行指数を上回るときに力行
現象発生中の前記接合層の温度を上昇させ、前記高電位接合層に生じた前記逆電流EM進
行指数が前記正電流EM進行指数を上回るときに回生現象発生中の前記接合層の温度を上
昇させる制御装置を備えている電動自動車。

【請求項7】

電力変換器と、電力変換器に接続されているモータと、エンジンと、モータとエンジン
と駆動輪との間で動力の伝達配分を調整する動力配分機構を備えているハイブリッド自動
車であり、

前記電力変換器が、昇圧機能と降圧機能を合わせもつコンバータを備えており、
前記コンバータが、「スイッチング素子と、そのスイッチング素子に並列に接続されて
いるダイオード」を直列に2個接続した回路を構成する半導体装置を備えており、
前記半導体装置の高電位電極が高電位接合層を介して高電位配線に接合されており、
前記半導体装置の低電位電極が低電位接合層を介して低電位配線に接合されており、
前記高電位配線から前記低電位配線に流れる電流が正電流であり、
前記低電位配線から前記高電位配線に流れる電流が逆電流であり、

エンジン出力が不足する力行時には、前記低電位接合層に正電流が流れる状態と前記高
電位接合層に逆電流が流れる状態が交互に発生し、

10

20

30

40

50

エンジン出力が過剰な回生時には、前記高電位接合層に正電流が流れる状態と前記低電位接合層に逆電流が流れる状態が交互に発生し、

前記高電位接合層と前記低電位接合層のそれぞれの接合層において、前記正電流によって生じたエレクトロマイグレーション（EM）の進行指数（正電流EM進行指数）と前記逆電流によって生じたEMの進行指数（逆電流EM進行指数）の差がアンバランスEM進行指数であり、

前記ハイブリッド自動車が、前記高電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数と前記低電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数を算出する手段を備えており、

前記低電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数の絶対値が前記高電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数の絶対値よりも大きい場合は、前記低電位接合層に生じた前記正電流EM進行指数が前記逆電流EM進行指数を上回るときにエンジンの出力を増大して回生現象の出現頻度を高め、前記低電位接合層に生じた前記逆電流EM進行指数が前記正電流EM進行指数を上回るときにエンジンの出力を減少して力行現象の出現頻度を高めるとともに、前記高電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数の絶対値が前記低電位接合層に生じた前記アンバランスEM進行指数の絶対値よりも大きい場合は、前記高電位接合層に生じた前記正電流EM進行指数が前記逆電流EM進行指数を上回るときにエンジン出力を減少して力行運転の出現頻度を高め、前記高電位接合層に生じた前記逆電流EM進行指数が前記正電流EM進行指数を上回るときにエンジン出力を増大して回生運転の出現頻度を高める制御装置を備えているハイブリッド自動車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書では、表面に電極が露出している半導体装置と電気伝導体を接合層を介して接合した電子機器を開示する。また、その電子機器を搭載した自動車を開示する。

【背景技術】

【0002】

表面に電極が露出している半導体装置は、その電極を接合層を介して電気伝導体に接合して使用する。その接合層には電流が流れる。

接合層に電流が流れると、接合層を形成しているイオンが移動する現象が生じる。本明細書では、これをエレクトロマイグレーション(Electro Migration)といい、EMと略称する。EMが進行すると、接合層に欠損が生じ、電子機器の動作が不安定となる。特許文献1に、EMの進行を抑える技術が開示されている。特許文献1の技術では、EMの進行を抑える金属層を追加する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-175578号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

金属層を追加する技術は、余分な金属層を必要とし、コストアップ要因となる。また、通電方向によって金属の種類を変える必要があるために煩雑でもある。本明細書では、金属層を追加しないでEMの進行を抑制する技術を開示する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書で開示する電子機器では、半導体装置の通電方向が双方向であって、時間の経過とともに接合層に正電流が流れる状態と逆電流が流れる状態が切り換わる。

例えば、図1(1)に例示する半導体装置10では、IGBT12とダイオード14が並列に接続されており、高電位電極16と低電位電極18が半導体装置10の表面に露出

10

20

30

40

50

している。高電位電極 16 は高電位接合層 20 を介して図示しない高電位電気伝導体に接合されており、低電位電極 18 は低電位接合層 22 を介して図示しない低電位電気伝導体に接合されている。半導体装置 10 は双方向であり、(a) に示すように IGBT 12 を介して高電位電極 16 から低電位電極 18 に向かう電流が流れることもあれば、(b) に示すようにダイオード 14 を介して低電位電極 18 から高電位電極 16 に向かう電流が流れることもある。過渡的状態等では、低電位電極 18 の電位が一時的に高電位電極 16 よりも高電位となって逆電流が流れることがある。本明細書では、高電位電極 16 から低電位電極 18 に向かう電流を正電流といい、過渡的状態等において低電位電極 18 から高電位電極 16 に向かう電流を逆電流という。図 1 (1) の半導体装置 10 の通電方向は双方向であり、時間の経過とともに正電流が流れる状態と逆電流が流れる状態が切り換わる。それに伴って、時間の経過とともに、接合層 20, 22 に正電流が流れる状態と逆電流が流れる状態が切り換わる。

10

【0006】

本明細書で開示する電子機器では、接合層に正電流が流れたことによって接合層に生じた EM の進行指数 (本明細書では正電流 EM 進行指数という) と、接合層に逆電流が流れたことによって接合層に生じた EM の進行指数 (逆電流 EM 進行指数という) の差 (アンバランス EM 進行指数という) を算出する手段と、正電流 EM を逆電流 EM によって打ち消すことによって、あるいは、逆電流 EM を正電流 EM によって打ち消すことによって、EM の進行を抑制する事象を引き起こす制御装置を備えている。その制御装置は、正電流 EM 進行指数が逆電流 EM 進行指数を上回ったとき (正電流 EM 過剰時という) に逆電流 EM 進行指数の増大速度を高速化する条件を採用し、逆電流 EM 進行指数が正電流 EM 進行指数を上回ったとき (逆電流 EM 過剰時という) に正電流 EM 進行指数の増大速度を高速化する条件を採用する。

20

【0007】

図 1 (1) の場合、(a) に示す正電流の通電中に接合層 20, 22 に正電流 EM が進行し、(b) に示す逆電流の通電中に接合層 20, 22 に逆電流 EM が進行する。EM の原因となるイオンの移動方向は通電方向に依存して変化する。正電流 EM が生じた後に逆電流 EM が生じると、正電流 EM が逆電流 EM によって打ち消され、接合層 20, 22 に生じている EM の進行指数は減少する。同様に、逆電流 EM が生じた後に正電流 EM が生じると、逆電流 EM が正電流 EM によって打ち消され、接合層 20, 22 に生じている EM の進行指数は減少する。正電流 EM 進行指数と逆電流 EM 進行指数を同符号とすれば、両者の差 (アンバランス量) が、接合層 20, 22 に実際に生じている EM の進行指数を示すことになる。

30

【0008】

接合層に正電流が流れたことによって接合層に生じた EM の進行指数 (正電流 EM 進行指数) > 接合層に逆電流が流れたことによって接合層に生じた EM の進行指数 (逆電流 EM 進行指数) であれば、正電流 EM が過剰であるといえることができる。この場合、制御装置が、逆電流 EM 進行指数の増大速度を高速化する条件を採用する。正電流による EM が過剰であれば、その後は、逆電流による EM の進行指数の増大速度が高速化する条件を採用する。このために、正電流によって生じた過剰な EM は、その後の逆電流によって打ち消され、その後は EM のアンバランス量が減少していく。

40

逆に、正電流 EM 進行指数 < 逆電流 EM 進行指数であれば、逆電流 EM が過剰であるといえることができる。この場合、制御装置が、正電流 EM 進行指数の増大速度を高速化する条件を採用する。このために、逆電流によって生じた過剰な EM は、その後の正電流によって打ち消され、その後は EM のアンバランス量が減少していく。

上記の技術によって、接合層に実際に生じている EM (正電流 EM と逆電流 EM のアンバランス量 = 正電流 EM 進行指数と逆電流 EM 進行指数の差の絶対値) が大きな絶対値に発達するのを抑制することができる。

【0009】

図 1 (1) の場合、接合層 20 と接合層 22 に、同一方向で同一強度の電流が流れるた

50

めに、接合層 20 に生じる E M と接合層 22 に生じる E M が同一であるとして行うことができる。接合層 20 に生じる E M のアンバランス量に着目し、そのアンバランス量が減少するように制御すると、接合層 22 に生じる E M のアンバランス量も減少する。同様に、接合層 22 に生じる E M のアンバランス量に着目し、そのアンバランス量が減少するように制御すると、接合層 20 に生じる E M のアンバランス量も減少する。本明細書に記載の技術は、接合層が複数個ある場合に、そのうちの 1 個の接合層に適用することで有用な結果を得ることができる場合がある。請求項 1 に記載の技術は、半導体装置が複数個の接合層を介して電気伝導体に接合されている場合に、必ずしも全接合層に適用する必要がなく、そのうちの 1 個の接合層に適用することで有用な結果をもたらすことができる。

【0010】

10

図 1 (1) の半導体装置 10 は、あくまで例示であり、それに限定されるものでない。例えば、図 1 (2) は、MOS を内蔵している半導体装置 10 を示し、この半導体装置 10 の場合も、時間の経過とともに、接合層 20 , 22 に正電流が流れる状態と逆電流が流れる状態が切り換わる。本明細書に記載の技術は、図 1 (2) に例示する半導体装置にも有用である。

【0011】

図 1 (3) の半導体装置 10 の場合、IGBT 12 とダイオード 14 の並列回路が直列に接続されている。この装置の場合も、時間の経過とともに、接合層 20 , 22 に正電流が流れる状態と逆電流が流れる状態が切り換わる。詳しくは後記するように、図 1 (3) の場合、時間の経過とともに、(a 2) 接合層 22 に正電流が流れる状態、(b 1) 接合層 20 に逆電流が流れる状態、(a 1) 接合層 20 に正電流が流れる状態、(b 2) 接合層 22 に逆電流が流れる状態が切り換わる。この場合、接合層 20 に正電流が流れる状態と接合層 22 に正電流が流れる状態が時期をずらして発生し、接合層 20 に逆電流が流れる状態と接合層 22 に逆電流が流れる状態が時期をずらして発生する。また、接合層 20 に流れる電流の大きさと接合層 20 に流れる電流の大きさは相違する。本明細書に記載の技術は、図 1 (3) に例示する電子機器、すなわち、通電方向と通電電流値が相違する 2 以上の接合層 20 , 22 を備えている機器に適用することができる。また後記するように、3 以上の接合層 20 , 22 , 38 を備えている電子機器に適用することもできる。

20

【0012】

30

図 1 (1) (2) に例示する半導体装置は、電動自動車に搭載されている双方向コンバータ (昇圧機能と降圧機能を合わせ持っている) の上アームまたは下アームを構成する。図 1 (3) の半導体装置は、電動自動車に搭載されている双方向コンバータを構成する。本明細書の記載の技術は、電動自動車に搭載されている双方向コンバータを構成する半導体装置を電気伝導体に接合する接合層に適用することができる。

【0013】

制御装置が、正電流 E M 過剰時に逆電流が流れるときの接合層温度を上昇させ、逆電流 E M 過剰時に正電流が流れるときの接合層温度を上昇させることが有用である。接合層温度が上昇すると、E M の進行速度が増大する。すなわち、E M の進行指数の増大速度が高速化する。正電流 E M 過剰時に逆電流が流れるときの接合層温度を上昇させると、逆電流通電中の E M の進行指数の増大速度が高速化し、正電流 E M が過剰であったアンバランス量が逆電流通電中に縮小し、接合層に実際に生じている E M が減少する。同様に、逆電流 E M 過剰時に正電流が流れるときの接合層温度を上昇させると、逆電流 E M が過剰であったアンバランス量が正電流通電中に縮小し、接合層に実際に生じている E M が減少する。

40

【0014】

制御装置が、正電流 E M 過剰時に逆電流が流れる機会を増大させ、逆電流 E M 過剰時に正電流が流れる機会を増大させるようにしてもよい。詳しくは後記するように、電子機器に供給する電圧等を調整することによって、半導体装置に正電流が流れるのか逆電流が流れるのかを制御できる場合がある。その制御が可能な場合は、正電流 E M 過剰時に逆電流が流れる機会を増大させることによって接合層に生じた E M アンバランス量を縮小させる

50

ことができ、逆電流 E M の過剰時に正電流が流れる機会を増大させることによって接合層に生じた E M アンバランス量を縮小させることができる。

【 0 0 1 5 】

所定時間内に正電流と逆電流が交互に流れる場合、正電流が流れる機会を増大させれば所定時間内における正電流による E M の進行指数の増大幅が上昇する。正電流通電時の接合層温度を上昇させること、あるいは正電流が流れる機会を増大させることは、正電流による E M の進行指数の増大速度が高速化する条件に切換えることに相当する。高速化するために、接合層温度の上昇と、正電流が流れる機会を増大を併用してもよい。同様に、逆電流通電時の接合層温度を上昇させること、あるいは逆電流が流れる機会を増大させることは、逆電流による E M の進行指数の増大速度が高速化する条件に切換えることに相当する。接合層温度の上昇と、逆電流が流れる機会を増大を併用してもよい。

10

【 0 0 1 6 】

正電流 E M の過剰時に逆電流による E M の進行指数の増大速度が高速化する条件を採用すれば、逆電流によって接合層に生じる E M の進行指数が増大し、正電流によって接合層に生じた E M の進行指数と逆電流によって接合層に生じた E M の進行指数が均衡するようになる。逆に、逆電流 E M の過剰時に正電流による E M の進行指数の増大速度が高速化する条件を採用すれば、正電流によって接合層に生じる E M の進行指数が増大し、正電流によって接合層に生じた E M の進行指数と逆電流によって接合層に生じた E M の進行指数が均衡するようになる。両者が均衡すれば、増大速度を高速化する条件の採用を停止してもよい。

20

正電流による E M 進行指数が逆電流による E M 進行指数を上回るとは、前者から後者を減じた差が第 1 所定値以上に開くことを意味し、逆電流による E M 進行指数が正電流による E M 進行指数を上回るとは、前者から後者を減じた差が第 1 所定値以上に開くことを意味し、正電流による E M 進行指数と逆電流による E M 進行指数が均衡するとは前者と後者の差の絶対値が第 2 所定値以下に縮小することを意味する。第 1 所定値 > 第 2 所定値の関係にしておく。E M のアンバランス量の絶対値が第 1 所定値以上になるとアンバランスの解消処理を実行し、E M のアンバランス量の絶対値が第 2 所定値以下になるとアンバランスの解消処理を終了することになる。E M アンバランス量の大きさとは、正電流 E M 進行指数と逆電流 E M 進行指数の差（アンバランス E M 進行指数）の絶対値をいう。E M のアンバランス量を打ち消すとは、差の絶対値を小さくすることをいう。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図 1】半導体装置の回路構成例を示す。

【図 2】電動自動車の電力変換器と、双方向コンバータと、接合層を示す。一つの半導体装置が「スイッチング素子と、そのスイッチング素子に並列に接続されているダイオード」を内蔵しており、接合層を利用して 2 つの半導体装置を直列に接続した場合を示す。

【図 3】(1) ~ (4) は、接合層に流れる電流の方向を示す。

【図 4】E M のアンバランス量を打ち消す制御手順を示す。

【図 5】一つの半導体装置が「スイッチング素子と、そのスイッチング素子に並列に接続されているダイオード」の組を直列に接続した回路を内蔵している場合を示す。

40

【図 6】ハイブリッド自動車の駆動機構を示す。

【図 7】ハイブリッド自動車において E M のアンバランス量を打ち消す制御手順を示す。

【図 8】E M の進行度合いと電流値と温度の関係を模式的に示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

本明細書に記載の技術は、モータと駆動輪を備えており、モータで駆動輪を回転させて走行する電動自動車に適用する場合に極めて有効な効果を奏する。ここでいう電動自動車には、バッテリーからモータに給電する電気自動車、燃料電池からモータに給電する燃料電池自動車、エンジンで駆動する発電機からモータに給電する自動車、モータに加えてエンジンを備えており、モータ及び / 又はエンジンで駆動輪を回転させるハイブリッド自動車

50

を含む。

【0019】

モータで駆動輪を回転させる電動自動車は、モータに接続されている電力変換器を備えている。電動自動車の中には、昇圧機能と降圧機能を合わせ持つ双方向コンバータを備えており、バッテリーの電圧を昇圧してモータに給電し、モータが発電機となって発電した電圧を降圧してバッテリーを充電する自動車が知られている。双方向コンバータは、電力変換器の一部となっている。本明細書では、モータに給電して駆動輪を回転させる場合を力行といい、駆動輪がモータにトルクを加えてモータが発電する場合を回生という。力行時の電力変換器は、バッテリー電圧を昇圧してモータ駆動電流に変換し、回生時の電力変換器は、モータが発電した電力をバッテリーの充電電流に変換する。モータとなったり発電機となったりすることに着目してモータジェネレータと称されることもあるが、本明細書では簡単にモータという。なおハイブリッド自動車の場合は、エンジンでモータまたはモータと駆動輪の双方を回転させることができる。これも回生となる。

10

【0020】

図2に示すように、双方向コンバータ8を、2個の半導体装置10a, 10bと、リアクトル24で構成する技術が知られている。2個の半導体装置10a, 10bは同一であり、本明細書では共通事象を説明する場合にはアルファベットの添え字を省略する。各半導体装置10は、スイッチング素子12と、そのスイッチング素子12に並列に接続されているダイオード14と、一对の電極(例えば高電位電極16と低電位電極18)を備えている。

20

一方の半導体装置(本明細書でいう第1半導体装置10a)は、高電位配線(バッテリー2の電圧を昇圧した電圧が印加される配線)26に接続されている。他方の半導体装置(本明細書でいう第2半導体装置10b)は、低電位配線(バッテリー2の低電位端子に接続されている配線)6に接続されている。第1半導体装置10aと第2半導体装置10bは高電位配線26と低電位配線6の間で直列に接続され、第1半導体装置10aと第2半導体装置10bの接続点25はリアクトル24と配線4を介してバッテリー2の高電位端子に接続されている。なお参照番号28は、高電位配線26の電圧を平滑化するコンデンサであり、参照番号30はモータ34に供給する駆動電力に変換するインバータであり、参照番号32は電力変換器である。

【0021】

参照番号20, 22は、一对の電極16, 18に接続されている接合層(例えばはんだ層)を示している。接合層20aは、第1半導体装置10aの一方の電極16aを高電位配線26に接続する。接合層22aは、第1半導体装置10aの他方の電極18aをリアクトル24と第2半導体装置10bに接続する。接合層20bは、第2半導体装置10bの一方の電極16bをリアクトル24と第1半導体装置10aに接続する。接合層22bは、第2半導体装置10bの他方の電極18bを低電位配線6に接続する。

30

接合層20aは第1半導体装置10aの高電位接合層であり、本明細書の高電位接合層に相当する。接合層22bは、第2半導体装置10bの低電位接合層であり、本明細書の低電位接合層に相当する。後記する図5に示すように、接合層22aと20bが、存在しない場合もある。

40

【0022】

図3の(1)(2)は、双方向コンバータ8によって、配線4の電位を昇圧した電位を高電位配線26に加える力行時(昇圧時)に流れる電流の方向を示している。本明細書では、高電位配線26から低電位配線6に向けて流れる電流を正電流といい、低電位配線6から高電位配線26に向けて流れる電流を逆電流という。後記する過渡時期では、リアクトル24の存在によって、低電位配線6の電位が高電位配線26の電位よりも上昇する現象が一時的に現れ、逆電流が流れる場合がある。本明細書では、バッテリー2の低電位端子に接続されている側を低電位といい、バッテリー2の高電位端子に接続されている側を高電位という。過渡的時期には、電位の高低関係が逆転することがある。

図3(1)は低電位接合層22bに正電流が流れる状態を示し、(2)は高電位接合層

50

20 aに逆電流が流れる状態を示している。力行時は、(1)の状態と(2)の状態が交互に切り替わる。

【0023】

図3の(3)(4)は、双方向コンバータ8によって、高電位配線26に印加されている電圧を降圧した電圧を配線4に加える回生時(降圧時)に流れる電流の方向を示している。

(3)は高電位接合層20 aに正電流が流れる状態を示し、(4)は低電位接合層22 bに逆電流が流れる状態を示している。回生時は、(3)の状態と(4)の状態が交互に切り替わる。

【0024】

図1(1)の半導体装置10は、双方向コンバータ8の上段アームを構成する半導体装置10 aでもあり、下段アームを構成する半導体装置10 bでもあることがわかる。図1(2)の双方向半導体装置10でも、双方向コンバータ8を構成できることがわかる。また図1(3)の双方向半導体装置10でも、双方向コンバータ8を構成できることがわかる。そして、図1(1)(2)(3)のいずれでも、接合層20, 22, 20, 22, 20, 22に、正電流が流れる状態と逆電流が流れる状態が切り換わることがわかる。

【0025】

本明細書に記載の技術を電動自動車のコンバータに適用した場合の特徴を下記に示す。上記の電力変換器の場合、図3に示すように、力行時には、(1)低電位接合層に正電流が流れる状態と(2)高電位接合層に逆電流が流れる状態が交互に発生し、回生時には、(3)高電位接合層に正電流が流れる状態と(4)低電位接合層に逆電流が流れる状態が交互に発生する。

【0026】

接合層に生じるEMの進行度は、通電した電流の総量と、通電時におけるイオンの移動度に影響する。通電した電流の総量が高いほどEMは進行するし、イオンの移動度が高い場合ほどEMは急速に進行する。イオンの移動度は主として接合層の温度に依存する。通電電流と、その時の接合層温度を示すデータを経時的に収集すれば、EMの進行度を示す指数を算出することができる。本明細書で開示する電動自動車は、通電電流の大きさと、その時の接合層温度を示すデータを経時的に収集し、EMの進行指数を算出する機能を備えている。

EMの原因となるイオンの移動方向は通電方向に依存して変化する。正電流EMが生じた後に逆電流EMが生じると、正電流EMが逆電流EMによって打ち消され、接合層に実際に生じているEMの進行指数は減少する。同様に、逆電流EMが生じた後に正電流EMが生じると、逆電流EMが正電流EMによって打ち消され、接合層に実際に生じているEMの進行指数は減少する。正電流EM進行指数と逆電流EM進行指数を同符号とすれば、両者の差(アンバランス量)が、接合層に実際に生じているEMの進行指数を示すことになる。

【0027】

電動自動車の場合、高電位接合層20 aよりも低電位接合層22 bに大きなEMが発生することが多い。低電位接合層20 aに生じるEMアンバランス量を低いレベルに維持することができれば、極めて有効である。そこで、本明細書に記載する電動自動車では、前記(1)の正電流によって低電位接合層22 bに生じるEMの進行指数と、前記(4)の逆電流によって低電位接合層22 bに生じるEMの進行指数を比較し、前者が後者より大きいときは回生現象発生中の接合層の温度を上昇させ、後者が前者より大きいときは力行現象発生中の接合層の温度を上昇させる制御装置を備えている。

【0028】

上記によると、力行時に生じる(1)の正電流によって低電位接合層22 bに生じるEMの進行指数が、回生時に生じる(4)の逆電流によって低電位接合層22 bに生じるEMの進行指数より大きいときは、回生現象発生中の接合層の温度を上昇させ、その後の回

10

20

30

40

50

生運転中においてEMが急速に進行するようにして、EMアンバランス量を打ち消す現象を得る。逆に、力行時に生じる(1)の正電流によって低電位接合層22bに生じるEMの進行指数が、回生時に生じる(4)の逆電流によって低電位接合層22bに生じるEMの進行指数より小さいときは、力行現象発生中の接合層の温度を上昇させ、その後の力行運転中においてEMが急速に進行するようにして、EMアンバランス量を打ち消す現象を得る。上記によって、低電位接合層22bに生じるEMのアンバランス量を低いレベルに維持することができる。

電動自動車の場合、高電位接合層よりも低電位接合層に大きなEMが発生することが多く、低電位接合層に生じるEMのアンバランス量を低いレベルに維持することができれば極めて有効である。

【0029】

接合層20bに生じるEMアンバランス量は低電位接合層22bに生じるEMアンバランス量に等しい。低電位接合層22bに対してEMのアンバランス量を低いレベルに維持する制御技術を採用すると、接合層20bに生じるEMのアンバランス量も低いレベルに維持される。

【0030】

本明細書に記載の技術は、種々の態様で実施でき、下記の特徴を備えることがある。

(特徴1)

電動自動車であり、電力変換器と電力変換器に接続されているモータを備えている。電力変換器は、昇圧機能と降圧機能を合わせもつ双方向コンバータを備えており、その双方向コンバータは、「スイッチング素子と、そのスイッチング素子に並列に接続されているダイオード」を直列に接続した回路を構成する半導体装置を備えている。

半導体装置の高電位電極が高電位接合層を介して高電位配線に接合されており、半導体装置の低電位電極が低電位接合層を介して低電位配線に接続されている。

高電位配線から低電位配線に流れる電流を正電流とし、低電位配線から高電位配線に流れる電流を逆電流としたときに、

力行時には、(1)低電位接合層に正電流が流れる状態と(2)高電位接合層に逆電流が流れる状態が交互に発生し、

回生時には、(3)高電位接合層に正電流が流れる状態と(4)低電位接合層に逆電流が流れる状態が交互に発生する。

(特徴2)

高電位接合層より低電位接合層に大きなEMのアンバランス量が発生する特徴1の電動自動車であり、図3(1)の正電流によって低電位接合層に生じるEMの進行指数と図3(4)の逆電流によって低電位接合層に生じるEMの進行指数を比較し、前者が後者を上回るときは回生現象発生中の接合層の温度を上昇させ、後者が前者を上回るときは力行現象発生中の接合層の温度を上昇させる制御装置を備えている。

(特徴3)

低電位接合層より高電位接合層に大きなEMのアンバランス量が発生する特徴1の電動自動車であり、図3(2)の逆電流によって高電位接合層に生じるEMの進行指数と図3(3)の正電流によって高電位接合層に生じるEMの進行指数を比較し、前者が後者を上回るときは回生現象発生中の接合層の温度を上昇させ、後者が前者を上回るときは力行現象発生中の接合層の温度を上昇させる制御装置を備えている。

(特徴4)低電位接合層と高電位接合層に生じるEMのアンバランス量の大小関係が予測できない特徴1の電動自動車であり、アンバランス量の絶対値が大きい方の接合層に着目してアンバランス量を打ち消す。低電位接合層に生じたEMアンバランス量の絶対値が高電位接合層に生じたEMアンバランス量の絶対値よりも大きい場合は、特徴2の技術を採用して低電位接合層に生じたアンバランス量を減少させ、高電位接合層に生じたEMアンバランス量の絶対値が低電位接合層に生じたEMアンバランス量の絶対値よりも大きい場合は、特徴3の技術を採用して高電位接合層に生じたアンバランス量を減少させる。

【0031】

10

20

30

40

50

ハイブリッド自動車の場合、駆動輪を回転させる動力とエンジン出力の大小関係を調整することで力行運転するか回生運転するかを制御することができる。例えば、駆動輪を回転させる動力がエンジン出力で賄えない場合にはモータが力行運転する。逆に駆動輪を回転させる動力以上をエンジンが出力する場合にはモータが回生運転する。この制御を利用することで、接合層に生じるEMのアンバランス量を打ち消すことができる。力行によるEMが優越していれば、回生運転の発生頻度が增大するように調整することでアンバランス量を打ち消すことができる。回生によるEMが優越していれば、力行運転の発生頻度が增大するように調整することでアンバランス量を打ち消すことができる。

【0032】

(特徴5)

電力変換器と、電力変換器に接続されているモータと、エンジンと、モータとエンジンと駆動輪との間で動力の伝達配分を調整する動力配分機構を備えているハイブリッド自動車であり、

エンジン出力が不足する力行時には、(1)低電位接合層に正電流が流れる状態と(2)高電位接合層に逆電流が流れる状態が交互に発生し、

エンジン出力が過剰な回生時には、(3)高電位接合層に正電流が流れる状態と(4)低電位接合層に逆電流が流れる状態が交互に発生する。

(特徴6)

高電位接合層より低電位接合層に大きなEMのアンバランス量が発生するハイブリッド自動車であり、

図3(1)の正電流によって低電位接合層に生じるEMの進行指数と図3(4)の逆電流によって低電位接合層に生じるEMの進行指数を比較し、前者が後者を上回るときはエンジンの出力を増大して回生現象の出現頻度を高め、後者が前者を上回るときはエンジンの出力を減少して力行現象の出現頻度を高める制御装置を付加する。

(特徴7)

低電位接合層より高電位接合層に大きなEMのアンバランス量が発生するハイブリッド自動車であり、

図3(2)の逆電流によって高電位接合層に生じるEMの進行指数と、図3(3)の正電流によって高電位接合層に生じるEMの進行指数を比較し、前者が後者より大きいときはエンジン出力を増大して回生運転の出現頻度を高め、後者が前者より大きいときはエンジン出力を減少して力行運転の出現頻度を高める制御装置を備えている。

(特徴8)

低電位接合層と高電位接合層に生じるEMのアンバランス量の大小関係が予測できないハイブリッド自動車であり、アンバランス量の絶対値が大きい方の接合層に着目してアンバランス量を減少させる。低電位接合層に生じたEMアンバランス量の絶対値が高電位接合層に生じたEMアンバランス量の絶対値よりも大きい場合は、特徴6の技術を採用して低電位接合層に生じたアンバランス量を減少させ、高電位接合層に生じたEMアンバランス量の絶対値が低電位接合層に生じたEMアンバランス量の絶対値よりも大きい場合は、特徴7の技術を採用して高電位接合層に生じたアンバランス量を減少させる。

(特徴9)接合層温度を上昇させてEMアンバランス量を縮小している場合、あるいはエンジン出力の調整によって力行または回生の出現頻度を調整してEMアンバランス量を縮小している場合、縮小中のアンバランス量の絶対値が所定値にまで減少したときに、それまでの調整を中止する。

【実施例】

【0033】

図2は、電動自動車に備えている、バッテリー2と電力変換器32とモータ34を示している。モータ34によって図示しない駆動輪を回転させて走行する。

電力変換器32は、双方向コンバータ8と平滑コンデンサ28とインバータ30を備えている。力行時は、双方向コンバータ8が、バッテリー2の電圧を昇圧してインバータ30に昇圧された電圧を加える。インバータ30は直流を3相交流に変換してモータ34に加

10

20

30

40

50

える。回生時は、駆動輪からモータ34に加えられる力によってモータ34が発電する。モータ34が発電した3相交流がインバータ30によって直流に変換され、双方向コンバータ8によって降圧され、降圧された電圧がバッテリー2を充電する。

【0034】

双方向コンバータ8は、リアクトル24と、半導体装置10aと、半導体装置10bを備えている。半導体装置10a, 10bは同一のものであり、以下では添え字を省略して共通に説明する。

半導体装置10は、スイッチング素子12と、スイッチング素子12に並列に接続されたダイオード14を備えている。スイッチング素子12は、高電位配線26側から低電位配線6側に向かう電流をスイッチングするものであり、低電位配線6側から高電位配線26側に向かう電流はスイッチング素子12を流れることができない。低電位配線6側から高電位配線26側に向かう電流はダイオード14を流れる。スイッチング素子12とダイオード14は、逆向きに並列接続されている。リアクトル24が存在するために、過渡的に低電位配線6側から高電位配線26側に向けて電流が流れることがある。

【0035】

半導体装置10(10a, 10b)は、高電位電極16(16a, 16b)と、低電位電極18(18a, 18b)を備えている。半導体装置10aの高電位電極16aは高電位接合層20aによって高電位配線26に機械的かつ電氣的に接合されている。半導体装置10bの低電位電極18bは低電位接合層22bによって低高電位配線6に機械的かつ電氣的に接合されている。半導体装置10aの低電位電極18aは高電位側中間接合層22aによってリアクトル24と半導体装置10bに機械的かつ電氣的に接合されている。半導体装置10bの高電位電極16bは低電位側中間接合層20bによってリアクトル24と半導体装置10aに機械的かつ電氣的に接合されている。

参照番号4は、バッテリー2の高電位電極に接続されている配線であり、参照番号6は低電位配線であり、参照番号26は高電位配線26である。

【0036】

図3の(1)と(2)は、力行時(昇圧時)に流れる電流経路を示し、(1)では低電位接合層22bと低電位側中間接合層20bに正電流が流れ、(2)では高電位接合層20aと高電位側中間接合層22aに逆電流が流れる。(1)と(2)が交互に出現する。

図3の(3)と(4)は、回生時(降圧時)に流れる電流経路を示し、(3)では高電位接合層20aと高電位側中間接合層22aに正電流が流れ、(4)では低電位接合層22bと低電位側中間接合層20bに逆電流が流れる。

【0037】

高電位接合層20aに注目すると、力行時には(2)の逆電流が流れ、回生時には(3)の正電流が流れることがわかる。高電位接合層20aでは、(2)の逆電流によるEMと(3)の正電流によるEMが逆向きに進行する。しかしながら、従来の技術によると、(2)のEMが(3)のEMによって相殺される関係に調整されておらず、(2)のEMと(3)のEMの差が蓄積して高電位接合層20aに生じるEMのアンバランス量が大きな値に発達することがある。

【0038】

低電位接合層22bに注目すると、力行時には(1)の正電流が流れ、回生時には(4)の逆電流が流れることがわかる。低電位接合層22bでは、(1)の正電流によるEMと(4)の逆電流によるEMが逆向きに進行する。しかしながら、従来の技術によると、(1)のEMが(4)のEMによって相殺される関係に調整されておらず、(1)のEMと(4)のEMの差が蓄積して低電位接合層22bに生じるEMのアンバランス量が大きな値に発達することがある。

【0039】

下記に説明する実施例では、高電位接合層20aに生じるEMのアンバランス量の大きさと、低電位接合層22bに生じるEMのアンバランス量の大きさの大小関係が不明であり、高電位接合層20aと低電位接合層22bのうちのどちらに大きなEMのアンバラン

10

20

30

40

50

量が生じるのかが不明である場合を扱う。

図4は、EMのアンバランス量の大きさが過大なレベルに発達するのを防止するための制御手順を示している。

ステップS2では、高電位接合層20aに生じるEMのアンバランス量の大きさを示す指数EM1と、低電位接合層22bに生じるEMのアンバランス量の大きさを示す指数EM2を算出する。

図8に模式的に示すように、接合層に生じるEMの単位時間当たりの進行量(=進行速度、縦軸)は、接合層を単位時間当たり通過した電荷量(=電流値、横軸)とともに増大する。また、電流値が同じであっても、通電時の接合層温度に依存して進行速度は変化し、高温(T2)であれば進行速度が大きく、低温(T1)であれば進行速度は小さくなる。実施例の電動自動車は、通電電流値とその時の接合層温度を示すデータを経時的に収集しており、EMの進行指数を算出する機能を備えている。例えば横軸に電流値をとり、縦軸に接合層温度をとった2次元マップに、EMの進行速度を示す値を記憶しておく。このマップは、電流値と温度とEMの進行速度を実測して用意しておくことができる。単位時間ごとに、電流値と温度に対応する進行速度EM(i, T)を読みだして積算することで、EMの進行指数を算出することができる。EMのアンバランス量の大きさを示す進行指数EMは、正電流によるEMの進行指数と逆電流によるEMの進行指数の双方が正の値を持つものとして算出し、両者の差を算出することで算出される。正電流によるEMが逆電流によるEMより優越していれば、EMは正の値となる。

【0040】

図4のステップS4では、EM1の絶対値とEM2の絶対値を比較し、大きい方の絶対値をMAX EMとする。

ステップS6では、絶対値が大きい方のEM(正負の符号付き)をEM(符号付)とする。

ステップS8では、MAX EMを許容値C1と比較する。許容値C1は、EMのアンバランス量に関する許容値を示し、MAX EM < C1であれば、EMのアンバランス量を減少させるための制御が不要な場合に相当する。MAX EM < C1であれば(ステップS8でNoであれば)、ステップS9以降の処理に進まない。

【0041】

MAX EM < C1であれば、EMのアンバランス量の大きさが許容値C1を超えており、EMのアンバランス量を減少させるための制御が必要な場合に相当する。その場合は、ステップS9で、EM1の絶対値とEM2の絶対値の大小関係を判断する。高電位接合層20aに生じているEMのアンバランス量の大きさと、低電位接合層22bに生じているEMのアンバランス量の大きさを比較する。次に、EM(符号付)の正負を判断する。EM1の絶対値 > EM2の絶対値であり、EM(符号付) = 正であれば、図3(3)の通電が優越的であり、回生過剰であることがわかる。EM1の絶対値 > EM2の絶対値であり、EM(符号付) = 負であれば、図3(2)の通電が優越的であり、力行過剰であることがわかる。EM1の絶対値 < EM2の絶対値であり、EM(符号付) = 正であれば、図3(1)の通電が優越的であり、力行過剰であることがわかる。EM1の絶対値 < EM2の絶対値であり、EM(符号付) = 負であれば、図3(4)の通電が優越的であり、回生過剰であることがわかる。

【0042】

力行過剰であれば、ステップS12で回生時の冷却液の目標温度を上昇させる。本実施例では、半導体装置10と接合層20, 22等冷却液で冷却している。図2において、参照番号48は、半導体装置10と接合層20, 22等と冷却液の間で熱交換する熱交換器を示し、参照番号50は、冷却液と大気の間で熱交換する熱交換器を示し、参照番号52は冷却液ポンプを示している。冷却液はポンプ52によって循環し、接合層20, 22等と冷却して昇温し、熱交換器50で冷却される循環を繰り返す。参照番号54は、冷却液の温度を検出する温度センサであり、ポンプ制御装置56がポンプ52の回転数をフィードバック制御して冷却液温度を目標温度に維持する。参照番号58は、正電流EM進行指

10

20

30

40

50

数と逆電流EM進行指数とアンバランスEM進行指数を算出する機能を備えており、図4の制御手順を実行する制御装置である。ステップS12を実行すると、回生運転中の冷却液の目標温度が上昇する。回生運転中は、冷却液温度が上昇した目標温度に上昇するまでポンプ52が停止する。ステップS12を実行すると、その後は、接合層20, 22の温度が高い環境で回生運転が実施され、接合層20, 22の温度が低い環境で力行運転が実施される。接合層20, 22の温度が高い場合はEMが急速に進行する。ステップS12を実行すると、その後の回生運転中にEMのアンバランス量が減少する結果を得ることができる。

【0043】

回生過剰であれば、ステップS14で力行時の冷却液の目標温度を上昇させる。ステップS14を実行すると、その後は、接合層20, 22の温度が高い環境で力行運転が実施され、接合層20, 22の温度が低い環境で回生運転が実施される。接合層20, 22の温度が高い場合はEMが急速に進行する。ステップS14を実行すると、その後の力行運転中にEMのアンバランス量が減少する結果を得ることができる。

10

【0044】

ステップS12を実行すると、ステップS10の実行時には力行によるEMが優越的であったものが、その後の回生運転中にEMが急速に進行する現象が得られ、前者が後者によって相殺されていく現象が得られる。これが継続していると、ステップS16がYESとなる。ここでいうC2は、ステップS8の許容値C1よりも十分に小さく、EMのアンバランス量が十分に小さくなり、アンバランス量の相殺処理が不要となったと判断できる小さな値である。ステップS16がNOの間は、ステップS12の処理を続け、ステップS16でアンバランス量が解消されたと判断されると、ステップS18を実行してアンバランス量の相殺処理を終了する。

20

【0045】

ステップS14を実行すると、ステップS10の実行時には回生によるEMが優越的であったものが、その後の力行運転中にEMが急速に進行する現象が得られ、前者が後者によって相殺されていく現象が得られる。これが継続していると、ステップS16がYESとなる。ここでいうC2は、ステップS8の許容値C1よりも十分に小さく、EMのアンバランス量が十分に小さくなり、アンバランス量の相殺処理が不要となったと判断できる小さな値である。ステップS16がNOの間は、ステップS14の処理を続け、ステップS16でアンバランス量が解消されたと判断されると、ステップS18を実行してアンバランス量の相殺処理を終了する。

30

【0046】

図4の処理は、高電位接合層20aに生じるEMアンバランス量の大きさと、低電位接合層22bに生じるEMアンバランス量の大きさの大小関係が不明である場合を扱う。特徴4に記載の技術に相当する。電動自動車によっては、高電位接合層20aに生じるEMのアンバランス量よりも低電位接合層22bに生じるEMのアンバランス量が大きいことがわかっている場合があり、その場合は、アンバランス量が大きい方の低電位接合層に着目して、力行過剰か、回生過剰かを判断すればよい。図4のステップS9の判断が不要であり、ステップS8からステップS10Bに進めばよい。特徴2に記載の技術は、この場合に相当する。逆に、低電位接合層22bに生じるEMのアンバランス量よりも高電位接合層20aに生じるEMのアンバランス量が大きいことがわかっている場合があり、その場合は、アンバランス量が大きい方の高電位接合層に着目して、力行過剰か、回生過剰かを判断すればよい。この場合も図4のステップS9の判断が不要であり、ステップS8からステップS10Aに進めばよい。特徴3に記載の技術はこの場合に相当する。

40

【0047】

図3の(2)と(3)から明らかに、高電位接合層20aに生じるEMと、高電位側中間接合層22aに生じるEMは、同じであり、高電位接合層20aに生じるEMを抑制する処理をすれば、高電位側中間接合層22aに生じるEMアンバランス量も抑制される。同様に、図3の(1)と(4)から明らかに、低電位接合層22bの生じるEMと、低電

50

位側中間接合層 20 b に生じる EM は、同じであり、低電位接合層 22 b に生じる EM を抑制する処理をすれば、低電位側中間接合層 20 b に生じる EM アンバランス量も抑制される。

【0048】

上記実施例は、2個の半導体装置 10 a, 10 b を4つの接合層 20 a, 22 a, 20 b, 22 b で接合する場合に適用したものであるが、それに限られず、図1(1)(2)に例示したように、1個の半導体装置を2個の接合層で接合する場合に適用することができる。この場合、2個の接合層に同じ EM アンバランス量が現れ、EM アンバランス量の打ち消し処理によって2個の接合層の EM アンバランス量が共通に減少する。そのために図4の処理手順は単純化される。一方の接合層に着目し、力行過剰か回生過剰かを判別し、それによってステップ S12 又はステップ S14 を選択する処理とすることができる。また、図1(3)あるいは図5に示すよう、双方向コンバータが1個の半導体装置で構成され、高電位側中間接合層 22 a と低電位側中間接合層 20 b が存在しない場合にも有効である。

10

【0049】

図5に示すように、リアクトル 24 と半導体装置 10 を接合するリアクトル接合層 38 にも EM が発生することがある。リアクトル接合層 38 に流れる電流の方向は、力行時と回生時で反転する。過去の力行中に生じた EM が優越的となって、図4のステップ S8 の許容値 C1 を超えたら、図4のステップ S12 を実行することによって、EM のアンバランス量を縮小することができる。過去の回生中に生じた EM が優越的となって、図4のステップ S8 の許容値 C1 を超えたら、図4のステップ S14 を実行することによって、リアクトル接合層 38 に生じる EM のアンバランス量を縮小することができる。高電位接合層 20 と低電位接合層 22 とリアクトル接合層 38 に生じる EM アンバランス量の大小関係が不明の場合は、図4のステップ S4 の処理で、高電位接合層 20 と低電位接合層 22 とリアクトル接合層 38 の中から EM アンバランス量の絶対値が最大となるものに着目する処理に変更すればよい。

20

【0050】

図6に示すように、ハイブリッド自動車は、モータ 34 に加えてエンジン 42 を備えており、モータ 34 とエンジン 42 と駆動輪 44 の間の動力伝達配分を調整する動力配分機構 40 を備えている。この場合、駆動輪 44 の駆動に必要な動力よりもエンジン出力が不足すればモータ 34 が力行運転して必要な動力を駆動輪 44 に加える。逆に、駆動輪 44 の駆動に必要な動力よりもエンジン出力が過剰であればモータ 34 が回生運転して発電する。ハイブリッド自動車の場合は、エンジン出力の調整によって、モータ 34 に力行運転させるか回生運転させるかを選択することができる。参照番号 46 はエンジン出力の調整装置であり、参照番号 58 は、正電流 EM 進行指数と逆電流 EM 進行指数とアンバランス EM 進行指数を算出する機能を備えているコンピュータ装置であり、図7の制御手順を実行する制御装置である。

30

ハイブリッド自動車の場合は、過去に生じた EM が力行によるものであれば、その後は回生運転の出現頻度を高めることで EM のアンバランス量を縮小することが可能であり、過去に生じた EM が回生によるものであれば、その後は力行運転の出現頻度を高めることで EM のアンバランス量を縮小することが可能である。

40

【0051】

図7は、ハイブリッド自動車の接合層に生じる EM アンバランス量を縮小するための制御手順である。図4の処理手順に類似しており、重複説明を省略する。図7のステップ S10 A, 10 B までの処理で、EM アンバランス量が許容値 C1 を超えた接合層で、力行が過剰なのか回生が過剰なのかを判断する。それまでは図4の処理と同じである。力行が過剰であれば、ステップ S12 a でエンジン出力を増大させる補正を行う。すると、モータ 34 が回生運転する頻度が増大する。力行過剰で生じた EM アンバランス量が回生運転によって収縮する現象が得られる。回生が過剰であれば、ステップ S14 a でエンジン出力を減少させる補正を行う。すると、モータ 34 が力行運転する頻度が増大する。回生過

50

剰で生じたEMアンバランス量が力行運転によって収縮する現象が得られる。

【0052】

図7の処理でも、高電位接合層20aに生じるEMのアンバランス量よりも低電位接合層22bに生じるEMのアンバランス量が大きいことがわかっている場合は、アンバランス量が大きい方の低電位接合層に着目して、力行過剰か、回生過剰かを判断すればよい。ステップS8でYESの場合はステップS9を省略してステップS10Bの判断をすればよい。特徴6に記載の技術は、この場合に相当する。逆に、低電位接合層22bに生じるEMのアンバランス量よりも高電位接合層20aに生じるEMのアンバランス量が大きいことがわかっている場合があり、その場合は、アンバランス量が大きい方の高電位接合層に着目して、力行過剰か、回生過剰かを判断すればよい。ステップS8でYESの場合は

10

【0053】

ハイブリッド自動車の場合、ステップS12aに加えて図4のステップS12をも実施することができる。また、ステップS14aに加えて図4のステップS14をも実施することができる。ハイブリッド自動車の場合、ステップS12のみ、ステップS12+12a、あるいは、ステップS12aのみを実施してもよい。同様に、ステップS14のみ、ステップS14+14a、あるいは、ステップS14aのみを実施してもよい。

20

【0054】

上記では、スイッチング素子にIGBTを利用している。IGBTに代えてMOSを用いてもよい。本技術は、同期整流動作するMOSを利用するコンバータに適用することもできる。また、Di内蔵型のMOSを利用するコンバータに適用することもできる。

【0055】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数

30

【符号の説明】

【0056】

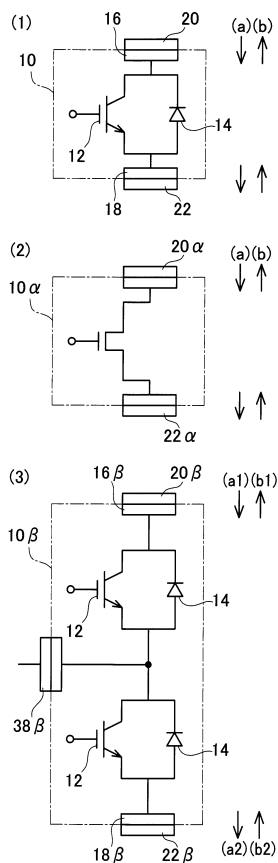
- 2：バッテリー
- 4：配線（バッテリーの高電位配線）
- 6：低電位配線
- 8：双方向コンバータ
- 10：半導体装置
- 12：スイッチング素子
- 14：ダイオード
- 16：高電位電極
- 18：低電位電極
- 20a：高電位接合層
- 22a：高電位側中間接合層
- 20b：低電位側中間接合層
- 22b：低電位接合層
- 24：リアクトル
- 24：第1半導体装置10aと第2半導体装置10bの接続点
- 26：高電位配線

40

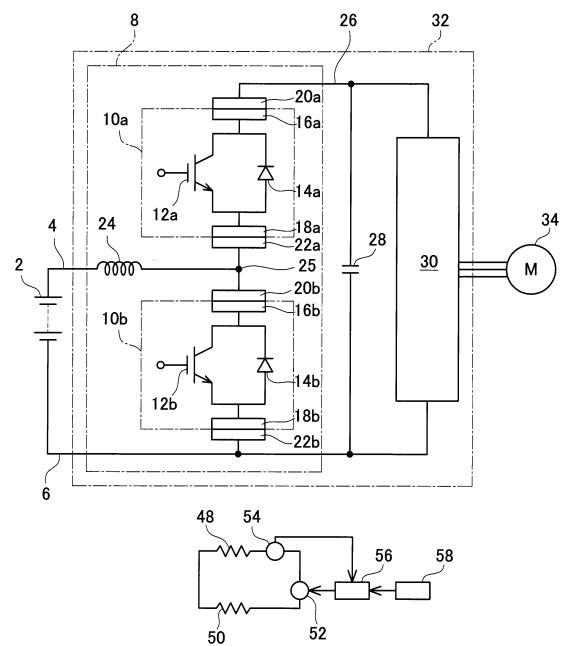
50

- 28 : 平滑コンデンサ
- 30 : インバータ
- 32 : 電力変換器
- 34 : モータ
- 36 : リアトル側電極
- 38 : リアクトル接合層
- 40 : 動力配分機構
- 42 : エンジン
- 44 : 駆動輪
- 46 : エンジン出力調整装置
- 48 : 半導体装置・冷却液の熱交換装置
- 50 : 冷却液の冷却用熱交換装置
- 52 : 冷却液ポンプ
- 54 : 温度センサ
- 56 : 冷却液ポンプ制御装置
- 58 : E M指数算出装置兼制御装置

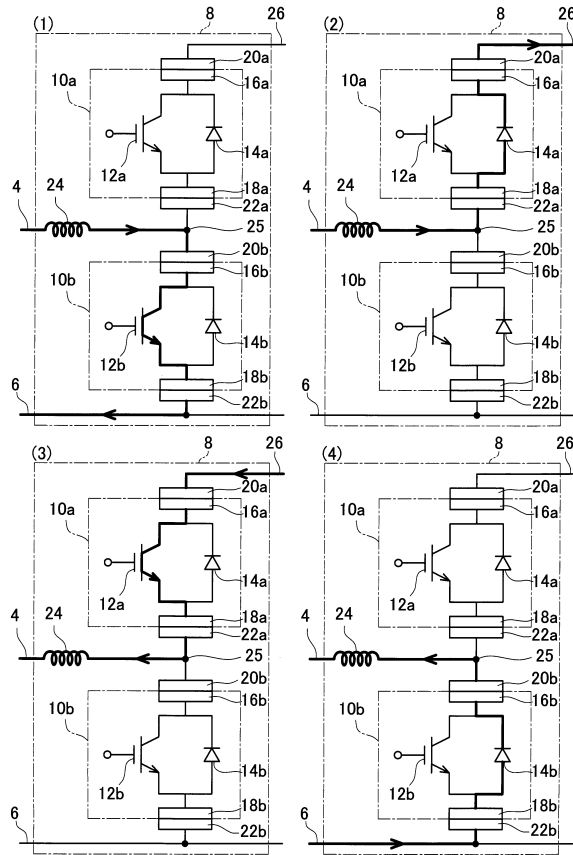
【図1】



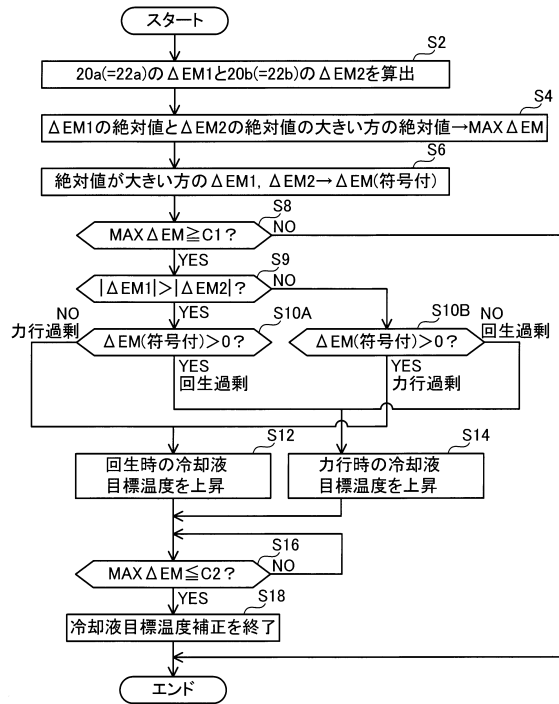
【図2】



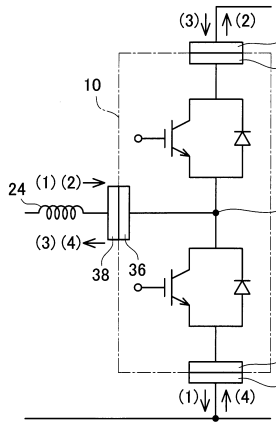
【図3】



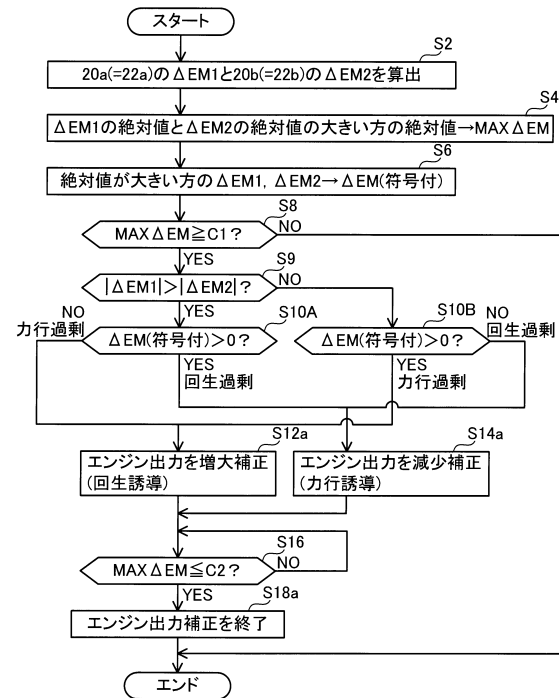
【図4】



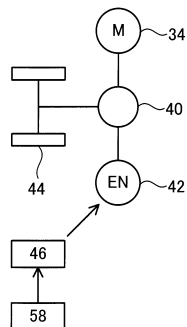
【図5】



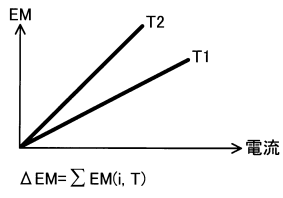
【図7】



【図6】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-175578(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0267616(US,A1)
特開2014-217181(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M	3/00
B60K	6/445
B60L	3/00
B60W	10/08