

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5872913号
(P5872913)

(45) 発行日 平成28年3月1日(2016.3.1)

(24) 登録日 平成28年1月22日(2016.1.22)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 1 L	23/34	(2006.01)	HO 1 L	23/34	D
HO 1 L	25/07	(2006.01)	HO 1 L	25/04	C
HO 1 L	25/18	(2006.01)	HO 2 M	7/48	Z
HO 2 M	7/48	(2007.01)	HO 2 M	7/48	M
B 6 O L	15/00	(2006.01)	B 6 O L	15/00	A

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-9734 (P2012-9734)
(22) 出願日	平成24年1月20日 (2012.1.20)
(65) 公開番号	特開2013-149818 (P2013-149818A)
(43) 公開日	平成25年8月1日 (2013.8.1)
審査請求日	平成26年3月17日 (2014.3.17)

(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	110000062 特許業務法人第一国際特許事務所
(72) 発明者	小西出 政臣 茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会社 日立製作所 交通システム事業部内
(72) 発明者	河野 恭彦 茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会社 日立製作所 交通システム事業部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鉄道車両用電力変換装置の冷却器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鉄道車両の進行方向に略平行かつ垂直に配置された吸熱板と、該吸熱板の一方の面に接触するよう設置されるとともに、鉄道車両の進行方向に沿って複数列、上下方向に複数段配列された複数の半導体素子と、該半導体素子の設置面に対向するよう、前記吸熱板の他方の面に一部が埋設、あるいは接触され、前記吸熱板に対して略垂直に配置された伝熱管と、該伝熱管の他部に接触し、前記吸熱板に略平行に複数設けられた放熱フィンと、前記吸熱板の一方の面に配置され、前記半導体素子の温度を検出する複数の温度検出素子とを有する鉄道車両用電力変換装置用の冷却器において、

前記伝熱管あるいは前記放熱フィンは、各列の前記半導体素子のうち、上段に配置された半導体素子の冷却性能を高めるように配置されており、かつ、前記複数の温度検出素子を、前記放熱フィンと熱交換を行う走行風からみて、風上側及び風下側については上段の半導体素子の温度は検出せず下段の半導体素子の温度を検出し、中央部については下段の半導体素子の温度は検出せず上段の半導体素子の温度を検出するように配置したことを特徴とする鉄道車両用電力変換装置の冷却器。

【請求項2】

前記複数の温度検出素子を、中段においては、前記中央部の上段に配置された温度検出素子より低く、かつ風下側及び風上側の下段に配置された温度検出素子より高い位置となるよう配置したことを特徴とする請求項1に記載の鉄道車両用電力変換装置の冷却器。

【請求項3】

10

20

前記半導体素子が I G B T であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の鉄道車両用電力変換装置の冷却器。

【請求項 4】

前記温度検出素子がサーミスタであることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の鉄道車両用電力変換装置の冷却器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は鉄道車両に搭載された電力変換装置に関わり、特に電力変換装置に搭載される半導体素子の冷却器に関する。

10

【背景技術】

【0002】

鉄道車両は商用周波数の交流電力や、直流電力を可変周波数の 3 相交流に変換しモーターを駆動して走行する。電力を変換する電力変換器には、例えば、パワー半導体スイッチング素子として I G B T 等の半導体素子を複数使用し、直流を可変周波数の 3 相交流に変換する V V V F (Variable Voltage Variable Frequency) インバータ等が広く使われている。

I G B T 等の半導体素子は電力変換の際に大きな損失を生じるため、専用の冷却器が必要となる。この冷却器は放熱のために多数の放熱フィンを有し、ファンにより放熱フィンに冷却風を送風して冷却したり、あるいは、放熱フィンを車体側面に露出させて走行時に車体側面を流れる走行風を放熱フィンに当てることで冷却を行っている。

20

このように車両走行時に車体側面を流れる空気により冷却する方式を採用した冷却器を走行風冷却器と呼ぶ。

【0003】

走行風冷却器では、ファンを設ける必要はなく、低コストであるが、走行風は車速により風速が変化し、車速が増加すると冷却風速も大きくなって、冷却性能も向上するが、停車時、低速走行時には、走行風による冷却風速が小さくなるため冷却性能が低下し、特に停車時が冷却性能は最も低くなる。このため、走行風冷却の冷却器は、停車時においても、すべての半導体素子を十分に冷却できるように設計されている。

停車時に冷却器に流れる冷却風は、放熱フィンからの熱放散による上昇気流により発生し、電力変換器下部から取り込まれた上昇気流が下部の半導体素子を冷却し、続いて上部の半導体素子を冷却して電力変換器上部へ抜ける。

30

【0004】

電力変換器下部の半導体素子は、冷却器下部から取り入れられた温度の低い外気により冷却されるが、電力変換器上部の半導体素子は、下部の半導体素子により加熱された上昇気流により冷却されるために、十分な放熱が行えず、結果的に冷却性能が低下する。このため、一般には電力変換器上部の半導体素子を冷却する冷却器の放熱性能が高くなるよう、例えば放熱フィンの枚数を増やしたり、ヒートパイプ等の熱輸送用の伝熱管の本数を増やすなどの対策がとられている。

【0005】

40

以下、図 6 ~ 図 10 により、従来技術を説明する。

図 6 は従来の走行風冷却器の斜視図、図 7 は図 6 の横断面図、図 8 は上面図である。また図 9 は従来の走行風冷却器の性能曲線を示す。

【0006】

図 6 において、600 は鉄道車両の進行方向に対し略平行かつ垂直に配置された吸熱板、601 は吸熱板 600 に略平行に配列された放熱フィン、602 は吸熱板 600 に取り付けられたサーミスタ等の温度検出素子、603 は吸熱板 600 の一方の面に熱交換可能に接触するよう設置された I G B T などの電力変換器を構成する半導体素子、604 は半導体素子 603 の設置面に対向するよう吸熱板 600 の他方の面から吸熱板 600 に対し略垂直方向に延びるよう配置された伝熱管を示す。なお、この例では、半導体素子 603

50

は、鉄道車両の進行方向に3列、各列毎に上下2段に設けられ、温度検出素子602は、各列の上部の半導体素子603の温度を検出するよう吸熱板600に取り付けられている。

【0007】

半導体素子603で発生した熱は、吸熱板600に吸収され、その熱は、吸熱板600に一部が埋設、あるいは接触されている伝熱管604に伝えられる。伝熱管604としては、内部に規定量の液状の冷媒、例えば水等を入れ、その冷媒の相変化により伝熱する所謂ヒートパイプ式等が使用される。

伝熱管604の熱は放熱フィン601に伝わり、空気中に放熱されるが、放熱フィン601により、効率的に伝熱管604からの熱を空気に伝えるよう、一般的には複数枚設けられる。

10

【0008】

近年鉄道車両に対しても、省エネルギーの観点から、各機器の軽量小型化と低コスト化が強く求められており、こうした走行風冷却器についても設計上、放熱フィン601や伝熱管604を必要最小限にすることが重要な課題となっている。しかも前述したように、走行風冷却器では、低速あるいは停車時に電力変換器上部の半導体素子を冷却する冷却器の冷却性能が低下するという問題があるため、電力変換器上部に限定して冷却を強化する構成がとられており、例えば、図6～8に示されるように、電力変換器上部の放熱フィン601の枚数や伝熱管604の本数を、電力変換器下部と比較して多くして冷却性能を高めるよう設計されている。

20

【0009】

図9は、図6～8のように電力変換器上部の冷却を強化した場合の効果を説明する性能図である。図9は車速と冷却性能の関係を示しており、冷却性能はグラフ上方に行くほど高くなる。図中の実線は電力変換器下部の冷却器による冷却性能を、点線は電力変換器上部と電力変換器下部の冷却性能を同等とした場合、すなわち、放熱フィン601の枚数や、伝熱管の本数を上下均一にした際の電力変換器上部の冷却性能を、一点鎖線は電力変換器上部の放熱フィン601の枚数や、伝熱管604の本数を増やすことにより、電力変換器上部の冷却器による冷却性能を向上させた場合の性能をそれぞれ示す。

上下で冷却性能を均一にした場合（図9の一点鎖線）は、停車もしくは低速時には、十分な走行風が得られず、しかも上段の冷却器は下段の冷却器により加熱された上昇気流の影響を受け、冷却性能が著しく低くなるが、車速が上がると冷却性能は向上し、やがて設計上の最高速度近辺で飽和傾向を示す。

30

【0010】

一方、例えば、電力変換器上部の放熱フィンの枚数を増やした場合（図9の点線）には、全体的に性能が向上し、特に停車もしくは低速時の冷却性能が大幅に改善され、下段の冷却器の性能に近づいており、車速が増加するにつれ冷却性能は増加してゆき、設計上の最高速度で、下段の冷却性能を飽和させ、上段の冷却性能が下段の冷却性能と同等になるよう設計されている。このように設計することにより、放熱フィンの枚数や伝熱管の本数、さらには冷却器の体積を最小限にできるとともに、コストを低減できることが知られている。

40

【0011】

このような冷却器に対しては、半導体素子603の異常過熱による破壊を防止するために、図6に示されるように、設計上の最高速度まで、常に下段の冷却器の冷却性能を下回り、最高温度に達する可能性が高い、上段の風上側、中央部、風下側にそれぞれ温度検知素子602を取り付けている。

例えば下記の特許文献1にこの構造が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2000-200866号公報

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかしながら上述の冷却器には以下に述べる問題点がある。

すなわち、前述したように、走行風冷却器では停車時、もしくは低速時に電力変換器上段の冷却を強化し、設計上の最高速度で電力変換器の上部と下部で冷却性能が同等となるよう設計されている。

これは、設計上の車両最高速度を所定速度とした電力変換器の場合は問題ないが、特に近年では、車両コストを上昇させることなく、すなわち大きな設計変更を伴うことなくより最高速度を高めることが求められていることから、半導体素子、放熱フィンや伝熱管の配置など、走行風冷却器の基本仕様を変更することなく、より高速走行を可能にすることが求められている。

10

【0014】

また、鉄道車両が設計上の最高速度以下で走行している場合でも、鉄道車両が向かい風を受けた場合、走行風冷却器が受ける冷却風は、相対的に設計上の最高速度より高い速度で走行した場合の走行風と同じ速度になる。

このような場合、設計上の最高速度を超えるにつれ、下部の冷却性能が上部の冷却性能より低くなる場合が生じることがわかった。

【0015】

例えば、図10に示すように、設計上の最高速度を高めたり、向かい風によって一定の加算分が加わると、冷却風の風速が相対的に設計最高速度より高くなるが、電力変換器下段の冷却器の冷却性能は飽和しているのに対し、放熱フィンを増加させた電力変換器上段の冷却器の冷却性能が上昇し、設計上の最高速度付近で、電力変換器上段の冷却器と下段の冷却器の性能線が交差し、加算される速度が増えるにつれ、下段の冷却器の冷却性能が、上段の冷却器の冷却性能を下回ってしまう。

20

これは、そもそも下段の冷却器は上段の冷却器より冷却性能が低く設計されており、しかも、冷却風の速度が、相対的に設計上の車両速度を超えたため、下方の半導体素子により加熱された上昇気流が、高速の冷却風により上方の冷却器に到ることなく、冷却風に沿って流れることによるものと推測される。

このことは、特に、冷却風の上流側にある半導体素子からの放熱の影響を受ける、下段風下側の冷却器において特に顕著である。

30

【0016】

このような状況下で車両が走行を継続すると、下段風下側の半導体素子が他の半導体素子に比べて最も過熱する可能性が高いにもかかわらず、従来のように、電力変換器上段のみサーミスタを設けた場合には、電力変換器下段風下側の半導体素子異常を検知できないという問題があった。また、この防止のために上段、下段のいずれの半導体素子にもサーミスタを付けると、サーミスタ接続用の配線の数が増大し装置が複雑になり、コスト上昇を招くという問題があった。

本発明はこの課題を解決するものであって、設計上の最高速度を高めたり、向かい風等外部環境の影響下でも、基本設計を変更することなく、停車から最高速まで安定して異常検知を行えるようにした冷却器を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記の目的を達成するため、本発明の鉄道車両用電力変換装置の冷却器は、次のような技術的手段を講じた。すなわち、

(1) 鉄道車両の進行方向に略平行かつ垂直に配置された吸熱板と、該吸熱板の一方の面に接触するよう設置されるとともに、鉄道車両の進行方向に沿って複数列、上下方向に複数段配列された複数の半導体素子と、該半導体素子の設置面に対向するよう、前記吸熱板の他方の面に一部が埋設あるいは接触され、前記吸熱板に対して略垂直に配置された伝熱管と、該伝熱管の他部に接触し、前記吸熱板に略平行に複数設けられた放熱フィンと、前

50

記吸熱板の一方の面に配置され、前記半導体素子の温度を検出する複数の温度検出素子とを有する鉄道車両用電力変換装置用の冷却器において、前記伝熱管あるいは前記放熱フィン、各列の前記半導体素子のうち、上段に配置された半導体素子の冷却性能を高めるように配置されており、かつ、前記複数の温度検出素子を、前記放熱フィンと熱交換を行う走行風からみて、風上側及び風下側については上段の半導体素子の温度は検出せず下段の半導体素子の温度を検出し、中央部については下段の半導体素子の温度は検出せず上段の半導体素子の温度を検出するように配置した。

【0018】

(2) 上記の鉄道車両用電力変換装置の冷却器において、前記複数の温度検出素子を、中段においては、前記中央部の上段に配置された温度検出素子より低く、かつ風下側及び風上側の下段に配置された温度検出素子より高い位置となるよう配置した。

10

【0019】

(3) 上記の鉄道車両用電力変換装置の冷却器において、前記半導体素子を IGBT とした。

【0020】

(4) 上記の鉄道車両用電力変換装置の冷却器において、前記温度検出素子をサーミスタとした。

【発明の効果】

【0021】

20

本発明によれば、冷却器等の仕様を変えず設計上の最高速度を高めたり、向かい風等想定外の環境の影響を受けた場合でも、温度検出素子を追加することなく、最も過熱する可能性の高い半導体素子の温度を確実に検出することが可能となり、コストアップを招くことなく安全性の高い鉄道車両用電力変換装置用冷却器を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の実施例1の鳥瞰図

【図2】本発明の実施例1の側面構造図

【図3】本発明の実施例の上面構造図

【図4】本発明の実施例1の冷却性能曲線

30

【図5】本発明の実施例2の鳥瞰図

【図6】従来技術の鳥瞰図

【図7】従来技術の側面構造図

【図8】従来技術の上面構造図

【図9】従来技術における冷却性能曲線（設計上の最高速度以下）

【図10】従来技術における冷却性能曲線（設計上の最高速度を超えた場合を含む）

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、図面に基づいて実施例を説明する。

【実施例】

40

【0024】

[実施例1]

図1は本発明の実施例1の鉄道車両用電力変換装置の冷却器を示す鳥瞰図、図2は図1の側面図、図3は図1の上面図である。

図1～3において、100は吸熱板、101は放熱フィン、102は温度検出素子、103は半導体素子、104は伝熱管であり、温度検出素子102の配置を除き、図6～図8の従来技術と基本構造は同様である。

【0025】

本実施例の特徴は、温度検出素子102を、図1において矢印方向の冷却風、すなわち走行風からみて、風上側と風下側については下段に、中央部については上段に設けた点に

50

ある。

図4において、実線は電力変換器上段中央部の冷却性能の特性を、点線は下段風下側の冷却性能の特性を、一点鎖線は下段風上側の冷却性能の特性を表す。

上段中央部に配置された冷却器は、その風上側、風下側及び下部を他の冷却器に囲まれているため、上段風上側に配置された冷却器はもとより、上段風下側に配置された冷却器より冷却性能が低下し、停止から設計上の最高速度に到るまでは、他の箇所の冷却器と比較して冷却性能が最も悪化する。そこで、電力変換器の上段については、中央部にのみ温度検出素子102を設ければ、過熱する可能性が最も高い半導体素子温度を確実に検出することができる。

【0026】

一方、設計上の最高速度に加算分が加わったときは、図4からも明らかなように、下段風下側の冷却性能が、上段中央部に配置された冷却器の冷却性能を下回り、過熱する可能性が最も高くなる。

これは、下段の冷却器については、そもそも上段の冷却器と比較して冷却性能が低く設定されており、この速度領域では、特に、風下側の冷却器では、風上側の冷却器から放出された熱が走行風で運ばれ、その影響を強く受けるためである。

このため、電力変換器の風上側と風下側については、温度検出素子102を下段に設ければ、設計上の最高速度を超えた速度域において、過熱する可能性が最も高くなる半導体素子温度を確実に検出することができる。

【0027】

なお、鉄道車両は一般に、折り返し運転などにより走行方向を反転しながら運用されることが多く、片側だけに付けた場合には折り返し運転時には風上側になってしまい、所望の効果を得られない。このため電力変換器の下段については、左右両端の半導体素子温度を検出するよう配置する必要がある。その場合でも、図6に示されるような従来技術と比較して、使用する温度検出素子102の数を同じにすることができる。

【0028】

本実施例の構成によれば、冷却器の仕様を等まったく変更せず、設計上の最高速度を高めた場合や、向かい風などの外部条件が設計の想定外に変化しても、サーミスタの数を増加させることなく、停車状態から設計上の最高速度を超える高速域に到るまで、過熱する可能性が最も高い半導体素子の温度を確実に検出することが可能となる。

【0029】

[実施例2]

図5に本発明の実施例2の全体構造を示す。

図5において、500は吸熱板、501は放熱フィン、502は温度検出素子、503は半導体素子である。

本実施例の特徴は、上下方向に3段以上の半導体素子が配列された場合、温度検出素子502の設置位置を、下部の左右端部だけでなく、中央部にも配置した点にある。

図5に示す電力変換器では、半導体素子503を上下方向に3段配置し、鉄道車両の進行方向に5列以上配置する例を示している。

【0030】

この構成の場合、低速時から最高速に至るまでの間の区間では、中段においては、風下側と風上側を除き、上下左右の四方が他の冷却器に囲まれているため、設計上の最高速度に加算分が加わったときは、中段中央部付近にある冷却器の性能が最も低くなる場合が発生する。このため、本実施例では、電力変換器の中段に配置される半導体素子503については、中央部付近に温度検出素子502を取り付けることにより、過熱する可能性が最も高い半導体素子の温度を確実に検知できるようにしている。

【符号の説明】

【0031】

100：吸熱板、101：放熱フィン、102：温度検出素子、103：半導体素子、104：伝熱管、5

10

20

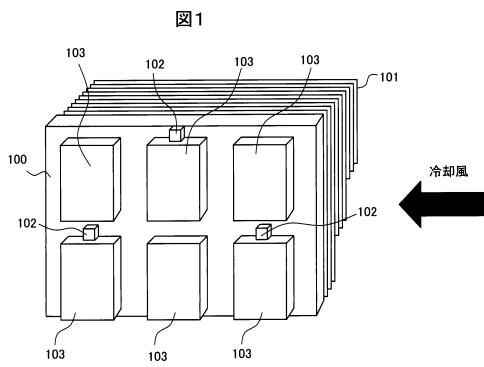
30

40

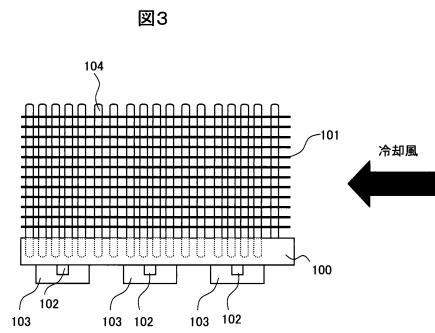
50

00 : 吸熱板、501 : 放熱フィン、502 : 温度検出素子、503 : 半導体素子、600 : 吸熱板、601 : 放熱フィン、602 : 温度検出素子、603 : 半導体素子、604 : 伝熱管

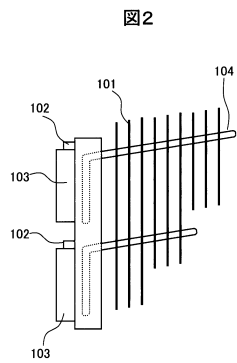
【図1】



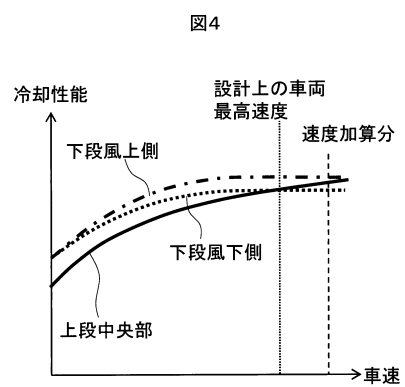
【図3】



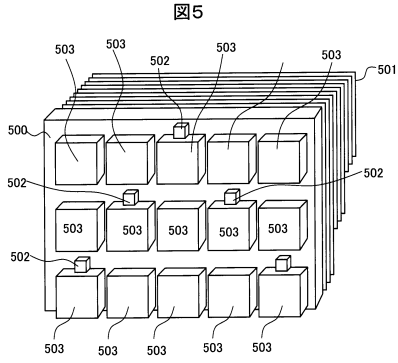
【図2】



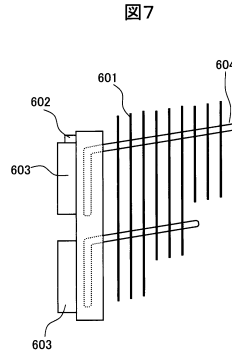
【図4】



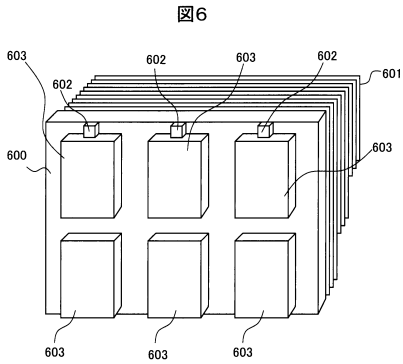
【 図 5 】



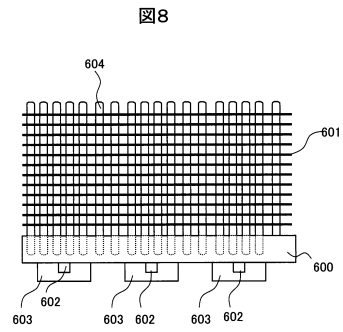
【 図 7 】



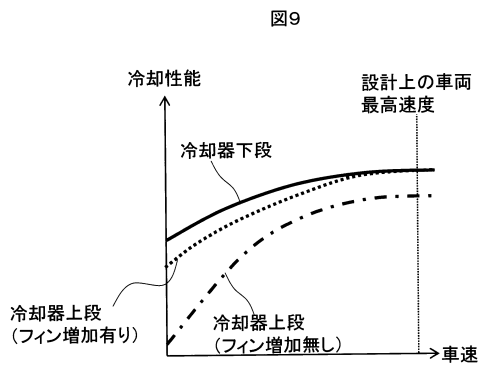
【 図 6 】



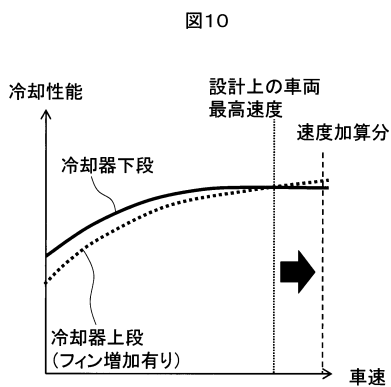
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 菱田 昭裕

茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会社 日立製作所 交通システム事業部内

審査官 多田 幸司

(56)参考文献 特開2000-161880(JP,A)
特開2007-134471(JP,A)
特開2000-200866(JP,A)
特開2009-171842(JP,A)
特開2006-041407(JP,A)
特開2008-218536(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 15/00
B61C 1/00 - 17/12
H01L 23/29
H01L 23/34 - 23/473
H01L 25/00 - 25/18
H02M 1/00 - 1/30
H02M 7/48
H05K 7/20