

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-141230

(P2020-141230A)

(43) 公開日 令和2年9月3日(2020.9.3)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**H03K 17/00 (2006.01)** H03K 17/00 B 5J055  
H03K 17/695 (2006.01) H03K 17/695

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 22 頁)

|           |                            |          |                                                                                                |
|-----------|----------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2019-34866 (P2019-34866) | (71) 出願人 | 314012076                                                                                      |
| (22) 出願日  | 平成31年2月27日 (2019.2.27)     | (74) 代理人 | パナソニックIPマネジメント株式会社<br>大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号<br>110001427<br>特許業務法人前田特許事務所                        |
|           |                            | (72) 発明者 | 下垣 勇介<br>大阪府門真市大字門真1006番地 パナ<br>ソニック株式会社内                                                      |
|           |                            | (72) 発明者 | 細川 智也<br>大阪府門真市大字門真1006番地 パナ<br>ソニック株式会社内                                                      |
|           |                            | Fターム(参考) | 5J055 AX34 AX40 BX16 CX28 DX12<br>DX61 DX72 EY01 EY10 EY12<br>EY28 EZ42 FX07 FX13 GX01<br>GX02 |

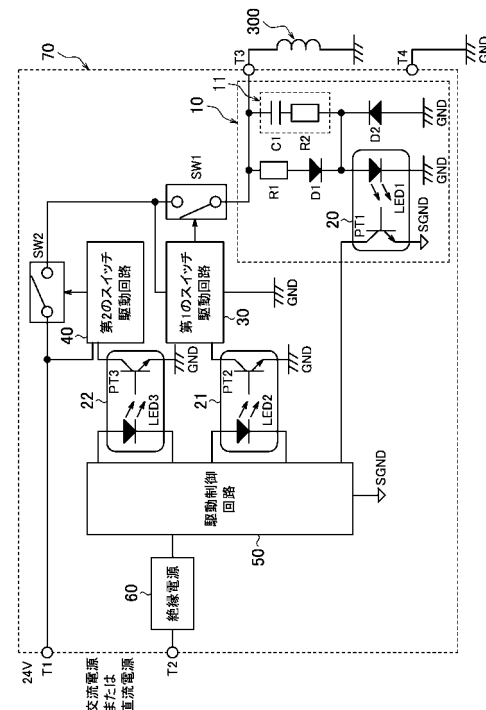
(54) 【発明の名称】 スイッチの状態診断回路及びそれを用いた負荷制御装置

(57) 【要約】

【課題】 負荷の状態によらず、応答速度が低下するのを抑制可能なスイッチの状態診断回路を提供する。

【解決手段】 状態診断回路10は、第1のスイッチSW1に接続された第1の抵抗R1と、第1の抵抗R1と直列に接続された第1の発光素子LED1と、第1の発光素子LED1と電氣的に絶縁され、第1の発光素子LED1からの放射光の光量に応じてオン状態とオフ状態との間を遷移する第1のフォトトランジスタPT1と、第1の抵抗R1と並列に接続され、第1のスイッチSW1が開状態の場合に、第1の発光素子LED1から残留電荷を引き抜くための電荷引き抜き回路11と、を備えている。第1のフォトトランジスタPT1の出力信号に基づいて、第1のスイッチSW1の開閉状態が診断される。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 のスイッチの開閉状態を診断する状態診断回路であって、  
前記第 1 のスイッチの負荷側端子に接続された第 1 の抵抗と、  
前記第 1 の抵抗と直列に接続された第 1 の発光素子と、  
前記第 1 の発光素子と電氣的に絶縁され、前記第 1 の発光素子からの放射光を受光し、  
当該放射光の光量に応じてオン状態とオフ状態との間を遷移する第 1 の受光素子と、  
前記第 1 の抵抗と並列に接続され、前記第 1 のスイッチが開状態の場合に前記第 1 の発  
光素子に蓄積された電荷を引き抜くための電荷引き抜き回路と、を備え、  
前記第 1 の受光素子の出力信号に基づいて、前記第 1 のスイッチの開閉状態を診断する  
ことを特徴とするスイッチの状態診断回路。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載のスイッチの状態診断回路において、  
前記電荷引き抜き回路は、第 1 のコンデンサと、前記第 1 のコンデンサと直列に接続さ  
れた第 2 の抵抗とを含むことを特徴とするスイッチの状態診断回路。

## 【請求項 3】

請求項 2 に記載のスイッチの状態診断回路において、  
前記第 2 の抵抗の抵抗値は前記第 1 の抵抗の抵抗値よりも小さいことを特徴とするスイ  
ッチの状態診断回路。

20

## 【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のスイッチの状態診断回路において、  
前記第 1 の受光素子の出力信号が所定のしきい値を超えた場合に前記第 1 のスイッチが  
開状態であると診断することを特徴とするスイッチの状態診断回路。

## 【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のスイッチの状態診断回路において、  
アノード側が前記第 1 の抵抗に、カソード側が前記第 1 の発光素子のアノード側にそれ  
ぞれ接続された第 1 のダイオードと、  
前記第 1 の発光素子と並列にかつ前記第 1 の発光素子のアノード側にカソード側が接続  
された第 2 のダイオードと、をさらに備え、  
前記第 2 のダイオードのアノード側はグラウンド電位に電氣的に接続されていることを  
特徴とするスイッチの状態診断回路。

30

## 【請求項 6】

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のスイッチの状態診断回路において、  
前記第 1 の発光素子と並列に接続され、かつ前記第 1 の発光素子と極性が逆方向になる  
ように配置された第 2 のダイオード、をさらに備えていることを特徴とするスイッチの状  
態診断回路。

## 【請求項 7】

一端が所定の電位に、他端が負荷接続端子にそれぞれ電氣的に接続された第 1 のスイッ  
チと、  
前記第 1 のスイッチを動作させる第 1 のスイッチ駆動回路と、  
前記第 1 のスイッチ駆動回路を制御する駆動制御回路と、  
前記第 1 のスイッチ及び前記駆動制御回路にそれぞれ電氣的に接続された請求項 1 ない  
し 5 のいずれか 1 項に記載の状態診断回路と、を備え、  
前記駆動制御回路に入力された前記第 1 の受光素子の出力信号に基づいて、前記駆動制  
御回路は前記第 1 のスイッチの開閉状態を診断し、  
前記第 1 のスイッチが閉状態の場合に、一端が前記負荷接続端子に接続された負荷に所  
定の電流が流れることを特徴とする負荷制御装置。

40

## 【請求項 8】

請求項 7 に記載の負荷制御装置において、  
前記駆動制御回路に電氣的に接続された第 2 の発光素子と、

50

前記第 1 のスイッチ駆動回路に電氣的に接続され、前記第 2 の発光素子と電氣的に絶縁された第 2 の受光素子と、をさらに備え、

前記第 2 の受光素子は、前記第 2 の発光素子からの放射光を受光し、当該放射光の光量に応じてオン状態とオフ状態との間を遷移するとともに、出力信号を前記第 1 のスイッチ駆動回路に出力し、

前記第 2 の受光素子の出力信号に基づいて、前記第 1 のスイッチ駆動回路は前記第 1 のスイッチを動作させることを特徴とする負荷制御装置。

【請求項 9】

請求項 7 または 8 に記載の負荷制御装置において、

一端が前記所定の電位に、他端が前記第 1 のスイッチの一端にそれぞれ電氣的に接続された第 2 のスイッチと、

前記第 2 のスイッチを動作させる第 2 のスイッチ駆動回路と、

前記駆動制御回路に電氣的に接続された第 3 の発光素子と、

前記第 2 のスイッチ駆動回路に電氣的に接続され、前記第 3 の発光素子と電氣的に絶縁された第 3 の受光素子と、をさらに備え、

前記第 3 の受光素子は、前記第 3 の発光素子からの放射光を受光し、当該放射光の光量に応じてオン状態とオフ状態との間を遷移するとともに、出力信号を前記第 2 のスイッチ駆動回路に出力し、

前記第 3 の受光素子の出力信号に基づいて、前記第 2 のスイッチ駆動回路は前記第 2 のスイッチを動作させることを特徴とする負荷制御装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の負荷制御装置において、

前記状態診断回路によって前記第 1 のスイッチが開状態であると診断された場合に、

前記駆動制御回路は前記第 3 の発光素子への電流供給を停止し、

前記第 3 の受光素子の出力信号に基づいて、前記第 2 のスイッチ駆動回路は前記第 2 のスイッチを開状態にすることを特徴とする負荷制御装置。

【請求項 11】

一端がグラウンド電位に、他端が負荷接続端子にそれぞれ電氣的に接続された第 1 のスイッチと、

前記第 1 のスイッチを動作させる第 1 のスイッチ駆動回路と、

前記第 1 のスイッチ駆動回路を制御する駆動制御回路と、

前記第 1 のスイッチ及び前記駆動制御回路にそれぞれ電氣的に接続された請求項 6 に記載の状態診断回路と、を備え、

前記駆動制御回路に入力された前記第 1 の受光素子の出力信号に基づいて、前記駆動制御回路は前記第 1 のスイッチの開閉状態を診断し、

前記第 1 のスイッチが閉状態の場合に、一端が前記負荷接続端子に、他端が所定の電位にそれぞれ接続された負荷に所定の電流が流れることを特徴とする負荷制御装置。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の負荷制御装置において、

前記状態診断回路と所定の電位に接続された固定電位端子との間に前記状態診断回路をイネーブル状態にするためのイネーブル回路が設けられていることを特徴とする負荷制御装置。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の負荷制御装置において、

前記イネーブル回路は、

前記駆動制御回路に電氣的に接続された第 4 の発光素子と、

前記固定電位端子及び前記状態診断回路にそれぞれ電氣的に接続され、前記第 4 の発光素子と電氣的に絶縁される一方、前記第 4 の発光素子からの放射光を受光してオン状態とオフ状態との間を遷移する第 4 の受光素子と、をさらに備え、

前記第 4 の受光素子がオン状態である場合に、前記固定電位端子と前記状態診断回路と

の間は電氣的に導通状態となり、

前記第4の受光素子がオフ状態である場合に、前記固定電位端子と前記状態診断回路との間は電氣的に非導通状態となることを特徴とする負荷制御装置。

【請求項14】

請求項13に記載の負荷制御装置において、

前記イネーブル回路は、前記第4の受光素子と並列にかつ前記第4の受光素子の高電位側にカソード側が接続された第2のダイオード、をさらに備えていることを特徴とする負荷制御装置。

【請求項15】

請求項7ないし14のいずれか1項に記載の負荷制御装置において、

10

前記負荷に接続された第3のスイッチを駆動するための第3のスイッチ駆動回路と、

前記駆動制御回路に電氣的に絶縁された第5の発光素子と、

前記第3のスイッチ駆動回路に電氣的に接続され、前記第5の発光素子と電氣的に絶縁された第5の受光素子と、をさらに備え、

前記第5の受光素子は、前記第5の発光素子からの放射光を受光し、当該放射光の光量に応じてオン状態とオフ状態との間を遷移するとともに、出力信号を前記第3のスイッチ駆動回路に出力し、

前記第5の受光素子の出力信号に基づいて、前記第3のスイッチ駆動回路は前記第3のスイッチを動作させることを特徴とする負荷制御装置。

【請求項16】

20

請求項15に記載の負荷制御装置において、

前記駆動制御回路によって前記第1のスイッチが開状態であると診断された場合、前記第5の受光素子の出力信号に基づいて、前記第3のスイッチ駆動回路は前記第3のスイッチが開状態となるように動作させることを特徴とする負荷制御装置。

【請求項17】

請求項7ないし16のいずれか1項に記載の負荷制御装置において、

前記第1のスイッチは、直列に接続された複数の一導電型電界効果トランジスタを含み、

少なくとも2つの前記一導電型電界効果トランジスタは、それぞれが有する寄生ダイオードの極性が互いに逆方向となるように接続されていることを特徴とする負荷制御装置。

30

【請求項18】

請求項7ないし16のいずれか1項に記載の負荷制御装置において、

前記第1のスイッチは、直列に接続されたダイオードと一導電型電界効果トランジスタを含み、

前記ダイオードは、前記一導電型電界効果トランジスタが有する寄生ダイオードと互いに極性が逆方向となるように、前記一導電型電界効果トランジスタに接続されていることを特徴とする負荷制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、スイッチの状態診断回路及びそれを用いた負荷制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車機器、産業機器では機能安全対応のニーズが高まっており、リレー、ブレーキ等の負荷を駆動するにあたって駆動部品や駆動回路が正常か否かを自己診断するための技術が用いられるようになってきている。

【0003】

例えば、特許文献1には、電源供給ライン中に挿入されたヒューズの状態を電源供給ラインに並列に接続されたフォトカプラを用いて自己診断するハイサイドスイッチ用自己診断回路が開示されている。

50

## 【0004】

また、特許文献2には、電磁負荷の上流に設けられたハイサイドドライバの出力部に接続され、ハイサイドドライバの出力電圧と所定の比較電圧とを比較するコンパレータを用いて、ハイサイドドライバの故障の有無及びその種類を診断する構成が開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特開2006-062129号公報

【特許文献2】特開2017-210936号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

ところで、自動車用機器や産業用機器において、負荷に接続されたスイッチが正常であるか否かの自己診断はスイッチを開閉させて行われる。電源がオン状態である場合、通常、スイッチは閉状態であり、負荷には電流が流れている。このため、スイッチの自己診断は短時間で行わなければならない。

## 【0007】

一方、軽負荷が接続された場合、もしくは負荷がオープン状態である場合は、負荷に接続された端子の電位変動が小さくなることがある。

## 【0008】

しかし、このような場合に、特許文献1に開示された従来の構成では、フォトカプラ内の発光素子に蓄積された残留電荷に起因して、自己診断回路の応答速度が低下するおそれがあった。発光素子に直列に接続された抵抗の抵抗値を小さくすることで、応答速度を高めることもできるが、この場合は、発光素子や抵抗に流れる電流が大きくなるため、フォトカプラの寿命が短くなるおそれがあった。さらに、発光素子や抵抗に流れる電流が大きくなると、高電力に対応した抵抗が必要になるため、実装される抵抗の体格、すなわち、実装面積等が大きくなることが懸念される。

## 【0009】

また、特許文献2に開示された従来の構成では、自己診断回路の規模が大きくなるという課題があった。さらに、診断対象となるデバイスと自己診断回路との間が電氣的に接続されているため、負荷を含め、負荷制御装置の機能安全性を確保する上で問題となるおそれがあった。

## 【0010】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたもので、その目的は、簡便な構成で応答速度の低下を抑制可能なスイッチの状態診断回路及びそれを用いた負荷制御装置を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

上記の目的を達成するために、本発明に係る状態診断回路は、第1のスイッチの開閉状態を診断する状態診断回路であって、前記第1のスイッチの負荷側端子に接続された第1の抵抗と、前記第1の抵抗と直列に接続された第1の発光素子と、前記第1の発光素子と電氣的に絶縁され、前記第1の発光素子からの放射光を受光し、当該放射光の光量に応じてオン状態とオフ状態との間を遷移する第1の受光素子と、前記第1の抵抗と並列に接続され、前記第1のスイッチが開状態の場合に前記第1の発光素子に蓄積された電荷を引き抜くための電荷引き抜き回路と、を備え、前記第1の受光素子の出力信号に基づいて、前記第1のスイッチの開閉状態を診断することの特徴とする。

## 【0012】

この構成によれば、負荷の状態によらず、第1のスイッチの開閉に応じた状態診断回路の応答速度の低下を抑制できる。

## 【0013】

本発明に係る負荷制御装置は、一端が所定の電位に、他端が負荷接続端子にそれぞれ電氣的に接続された第１のスイッチと、前記第１のスイッチを動作させる第１のスイッチ駆動回路と、前記第１のスイッチ駆動回路を制御する駆動制御回路と、前記第１のスイッチ及び前記駆動制御回路にそれぞれ電氣的に接続された前記状態診断回路と、を備え、前記駆動制御回路に入力された前記第１の受光素子の出力信号に基づいて、前記駆動制御回路は前記第１のスイッチの開閉状態を診断し、前記第１のスイッチが閉状態の場合に、一端が前記負荷接続端子に接続された負荷に所定の電流が流れることを特徴とする。

#### 【００１４】

この構成によれば、負荷に所定の電流が流れて駆動される期間中に第１のスイッチの状態を自己診断することができる。

#### 【発明の効果】

#### 【００１５】

本発明の状態診断回路によれば、負荷の状態によらず、第１のスイッチの開閉に応じた応答速度の低下を抑制できる。本発明の負荷制御装置によれば、負荷を駆動する期間中に第１のスイッチの状態を自己診断することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【００１６】

【図１】本発明の実施形態１に係る車両制御装置の構成を示す模式図である。

【図２】負荷制御装置の構成を示す図である。

【図３】比較のための負荷制御装置の構成を示す図である。

【図４】第１のスイッチの開閉に応じた状態診断回路の応答波形を示す図である。

【図５】逆バイアス電圧が印加された場合の状態診断回路の応答を示す模式図である。

【図６】本発明の実施形態２に係る負荷制御装置の構成を示す図である。

【図７Ａ】第１のスイッチの構成を示す図である。

【図７Ｂ】第１のスイッチの他の構成を示す図である。

【図８】比較のための別の負荷制御装置の構成を示す図である。

【図９】第１のスイッチの開閉に応じた状態診断回路の応答波形を示す図である。

【図１０】その他の実施形態に係る負荷制御装置の構成を示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【００１７】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本発明、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものではない。

#### 【００１８】

（実施形態１）

〔車両制御装置の構成〕

図１は、本実施形態に係る車両制御装置の構成模式図を示し、車両制御装置１０００は、メイン制御装置１００と、複数のサブ制御装置１１０～１１２と、機能安全回路２００～２０３とを備えている。

#### 【００１９】

メイン制御装置１００は、複数のサブ制御装置１１０～１１２に電氣的に接続され、複数のサブ制御装置１１０～１１２の動作をそれぞれ独立して、あるいは連動して制御するように構成されている。複数のサブ制御装置１１０～１１２は、それぞれ異なる負荷（図示せず）、例えば、リレー等に電氣的に接続され、負荷の駆動を制御するように構成されている。メイン制御装置１００やサブ制御装置１１０～１１２は、内部にＣＰＵ（Central Processing Unit）を備えるＥＣＵ（Electronic Control Unit）として、通常、構成される。

#### 【００２０】

機能安全回路２００～２０３は、メイン制御装置１００及び複数のサブ制御装置１１０～１１２のそれぞれに設けられ、各制御装置１００，１１０～１１２の内部に設けられた

10

20

30

40

50

負荷駆動部品や駆動回路（いずれも図示せず）が正常に機能しているか否かを診断するとともに、異常が発生した場合は、各制御装置 100, 110～112 を停止させたり、警告を報知したりするように構成されている。自己診断装置 210～213 は、必要に応じて、負荷駆動部品や駆動回路のそれぞれに設けられ、当該負荷駆動部品や駆動回路が正常に機能しているか否かを診断するように構成されている。

#### 【0021】

なお、図 1 では、サブ制御装置を 3 つ有する車両制御装置 1000 を例示したが、特にこれに限定されず、サブ制御装置の個数は 1 つでも 2 つでも 4 つ以上でもよい。

#### 【0022】

また、図 1 に示す車両制御装置 1000 に限られず、同様の構成の制御装置は、他の用途にも適用できる。例えば、産業（Factory Automation）用制御装置として図 1 に示す構成の制御装置を用いるようにしてもよい。この場合、サブ制御装置には、各部に取付けられたモータを制御するドライバなどを用いることができる。

#### 【0023】

〔負荷制御装置及び状態診断回路の構成〕

図 2 は、本実施形態に係る負荷制御装置の構成を示す。なお、図 2 に示す状態診断回路 10 が図 1 に示す自己診断回路 210～213 の 1 つに相当する。

#### 【0024】

負荷制御装置 70 は、端子 T1～T4 と、第 1 及び第 2 のスイッチ SW1, SW2 と、第 1 及び第 2 のスイッチ駆動回路 30, 40 と、駆動制御回路 50 と、絶縁電源 60 と、第 2 及び第 3 のフォトカップラ 21, 22 と、状態診断回路 10 と、を有している。

#### 【0025】

端子 T1 は、24 V の電圧を発生させる電源（図示せず）に接続されており、その電位は +24 V に固定されている。端子 T2 は、図示しない直流電源または交流電源に接続されている。端子 T3 は、負荷 300 との接続端子である。端子 T4 は、グラウンド電位（以下、GND 電位という）に接続されており、その電位は GND 電位に固定されている。なお、以降の説明において、端子 T1 を固定電位端子 T1 と、端子 T2 を外部電源接続端子 T2 と、端子 T3 を負荷接続端子 T3 と、端子 T4 を GND 端子 T4 とそれぞれ呼ぶことがある。

#### 【0026】

第 1 のスイッチ SW1 及び第 2 のスイッチ SW2 は、固定電位端子 T1 と負荷接続端子 T3 との間の電流経路中に配置されており、第 1 のスイッチ SW1 が負荷接続端子 T3 に近い側に、第 2 のスイッチ SW2 が固定電位端子 T1 に近い側にそれぞれ配置されている。

#### 【0027】

なお、本願明細書において、スイッチとは、「電流経路中に配置され、外部からの信号等に応じて開状態と閉状態との間を遷移することで、電流経路の導通、非導通状態を制御する素子」のことをいう。第 1 のスイッチ SW1 及び第 2 のスイッチ SW2 は、それぞれ接点式のリレースイッチであってもよいし、バイポーラトランジスタや電界効果トランジスタ等の半導体素子であってもよいし、他のタイプの素子であってもよい。また、第 1 のスイッチ SW1 と第 2 のスイッチ SW2 とは、互いに同じ種類であってもよいし、異なる種類であってもよい。電流定格や電圧定格や温度特性等が所要の基準を満たしていればよい。なお、開状態をオン状態と、閉状態をオフ状態とそれぞれ呼ぶことがある。

#### 【0028】

第 1 及び第 2 のスイッチ駆動回路 30, 40 は、それぞれ第 1 及び第 2 のスイッチ SW1, SW2 に接続されており、駆動制御回路 50 からの駆動信号、具体的には、後述する第 2 の発光素子 LED2 及び第 3 の発光素子 LED3 からの放射光の光量に応じて各々のスイッチを開閉するように構成されている。

#### 【0029】

駆動制御回路 50 は、第 2 及び第 3 のフォトカップラ 21, 22 とそれぞれ接続されてお

10

20

30

40

50

り、第2の発光素子LED2及び第3の発光素子LED3に所定の駆動電流を供給するように構成されている。また、駆動制御回路50は、第1及び第2のスイッチ駆動回路30, 40とそれぞれ電氣的に絶縁されている。駆動制御回路50は、通常、CPU及び各回路とのインターフェース部（いずれも図示せず）を有しており、後で述べる状態診断回路10の出力信号に応じて、第1及び第2のスイッチ駆動回路30, 40を制御するように構成されている。

#### 【0030】

絶縁電源60は、絶縁型のDC-DCコンバータあるいはAC-DCコンバータであり、外部電源接続端子T2を介して外部電源（図示せず）から受け取った電圧を内部に有するトランス（図示せず）により所定の電圧に変換して、駆動制御回路50に供給するように構成されている。つまり、絶縁電源60は、外部電源と絶縁を保ちつつ、所定の電圧を発生させ負荷制御装置70の内部に設けられた駆動制御回路50に供給する電源である。絶縁電源60を設けることで、外部電源から直接に電力が供給されることがなく、負荷制御装置70の安全保護が図れる。

10

#### 【0031】

第2のフォトキャパ21は、図示しないパッケージの内部に収容された第2の発光素子LED2と第2のフォトランジスタPT2とで構成されている。同様に、第3のフォトキャパ22は、図示しないパッケージの内部に収容された第3の発光素子LED3と第3のフォトランジスタPT3とで構成されている。第2及び第3の発光素子LED2, LED3は、化合物半導体材料からなる、いわゆるPN接合ダイオードであり、所定の波長の光、具体的には赤外光を放射する。第2及び第3のフォトランジスタPT2, PT3のコレクタ電位が第2及び第3のフォトキャパ21, 22の出力信号となり、それぞれ第1及び第2のスイッチ駆動回路30, 40に入力される。

20

#### 【0032】

第2の発光素子LED2からの放射光が所定以上の光量である場合、第2のフォトランジスタPT2がオン状態となり、第1のスイッチ駆動回路30は第1のスイッチSW1を動作させて第1のスイッチSW1が閉状態になるようにする。同様に、第3の発光素子LED3からの放射光が所定以上の光量である場合、第3のフォトランジスタPT3がオン状態となり、第2のスイッチ駆動回路40は第2のスイッチSW2を動作させて第2のスイッチSW2が閉状態になるようにする。

30

#### 【0033】

なお、第2の発光素子LED2は駆動制御回路50を介して絶縁電源60から駆動電流を供給され、また、駆動制御回路50を介してシステムグラウンド電位（以下、SGND電位という）に電氣的に接続されている。第2のフォトランジスタPT2は第1のスイッチSW1駆動回路30を介して、24V電源から電圧が印加される一方、GND電位に電氣的に接続されている。SGND電位とGND電位とは電氣的に分離されており、一方の電位変動が他方の電位に影響しないように構成されている。よって、第2の発光素子LED2は第2のフォトランジスタPT2と電氣的に絶縁されている。

#### 【0034】

また、第3の発光素子LED3は駆動制御回路50を介して絶縁電源60から駆動電流を供給され、また、駆動制御回路50を介してSGND電位に電氣的に接続されている。第3のフォトランジスタPT3は第2のスイッチ駆動回路40を介して、24V電源から電圧が印加される一方、GND電位に電氣的に接続されている。つまり、第3の発光素子LED3は第3のフォトランジスタPT3と電氣的に絶縁されている。

40

#### 【0035】

なお、本願明細書において、「AとBとが電氣的に接続されている」とは、AとBとが配線を介して物理的に接続されている以外に、AとBとの間で電力や電気信号の伝送がなされる場合も含む。例えば、配線以外の電気部品、例えば、抵抗やコンデンサやトランスやスイッチ等を介してAとBとが接続されている場合も含む。

#### 【0036】

50

状態診断回路10は、第1のスイッチSW1の負荷側端子に接続されており、第1のフォトカプラ20と、第1の抵抗R1と、第1及び第2のダイオードD1、D2と、電荷引き抜き回路11とを有している。

#### 【0037】

第1のフォトカプラ20は、図示しない同一のパッケージ内に収容された第1の発光素子LED1と第1のフォトランジスタPT1とで構成されている。なお、第1の発光素子LED1と第1のフォトランジスタPT1とは、ひとつのパッケージとして形成されてもよく、別々のパッケージで形成されてもよい。第1の発光素子LED1も第2及び第3の発光素子LED2、LED3と同様の構造を有するPN接合ダイオードである。第1のフォトランジスタPT1は、シリコン基板に形成されたn型のバイポーラトランジスタであり、ベースに相当する部分が受光部となっている。受光部に所定以上の光量の光が入射されると、第1のフォトランジスタPT1がオフ状態からオン状態に遷移し、コレクタがSGND電位に電氣的に接続されて高電位から低電位となる。第1のフォトランジスタPT1のコレクタ電位が第1のフォトカプラ20の出力信号となる。なお、第2及び第3のフォトランジスタPT2、PT3も第1のフォトランジスタPT1と同様の構造を有している。

10

#### 【0038】

第1の抵抗R1は、第1のスイッチSW1の負荷側端子と第1の発光素子LED1との間に設けられ、かつ第1の発光素子LED1に直列に接続されている。第1の抵抗R1は、第1の発光素子LED1に流れる電流量を調整するために設けられており、その抵抗値は、例えば数kΩ～数十kΩ程度である。

20

#### 【0039】

第1のダイオードD1は、シリコン基板に形成された、いわゆるPN接合ダイオードである。第1のダイオードD1は、第1の抵抗R1と第1の発光素子LED1との間に、かつ第1の発光素子LED1のアノード側に設けられ、第1の発光素子LED1及び第1の抵抗R1と直列に接続されている。第1のダイオードD1は、第1の発光素子LED1に逆バイアス電圧が印加された場合に、第1の発光素子LED1に逆方向の電流、この場合、カソード側からアノード側に電流が流れるのを抑制し、第1の発光素子LED1を保護する役割を有している。なお、第1のダイオードD1は、第1のスイッチSW1の負荷側端子と第1の抵抗R1との間に設けられていてもよい。

30

#### 【0040】

電荷引き抜き回路11は、第1のコンデンサC1と、これに直列に接続された第2の抵抗R2とを含んでおり、第1の抵抗R1及び第1のダイオードD1と並列に接続されている。また、電荷引き抜き回路11は第1のスイッチSW1の負荷側端子と第1の発光素子LED1のアノード側とにそれぞれ電氣的に接続されている。後で詳述するように、第1のスイッチSW1が開状態の場合に、第1のコンデンサC1に蓄積された電荷が第2の抵抗R2を介して第1の発光素子LED1に供給される。なお、第2の抵抗R2の抵抗値は、数十Ω～100Ω程度であり、第1の抵抗R1の抵抗値よりも小さくなるように設定されている。

#### 【0041】

第2のダイオードD2は、第1のダイオードD1と同様の構造を有している。第2のダイオードD2は、アノード側がGND電位に、カソード側が第1のスイッチSW1の負荷側端子に接続された第1の発光素子LED1のアノード側にそれぞれ電氣的に接続されている。後で詳述するように、第2のダイオードD2は、負荷接続端子T3に逆バイアス電圧が印加された場合、または、GND端子T4とGND電位とが電氣的に接続されなくなると、GND端子T4に対して負荷接続端子T3が低電位となった場合に、負荷接続端子T3から流入する電流をGND電位に流すことで、第1の発光素子LED1に逆方向の電流が流れるのを抑制し、第1の発光素子LED1を保護する役割を有している。具体的には、第1の発光素子LED1に電流が流れなくなると、電荷引き抜き回路11を介して第1の発光素子LED1から蓄積されていた電荷が抜ける。このとき、第2のダイオード

40

50

D 2 は、第 1 の発光素子 L E D 1 に発生する逆バイアス電圧から第 1 の発光素子 L E D 1 を保護する役割を果たす。

#### 【0042】

なお、図 2 において、説明の便宜上、負荷 300 の等価回路をコイルとして図示しているが、特にこれに限定されず、負荷 300 の等価回路がコンデンサや抵抗であってもよいし、他の能動素子であってもよい。また、これらの組合わせであってもよい。

#### 【0043】

〔負荷制御装置及び状態診断回路の動作〕

24V 電源（図示せず）及び外部電源接続端子 T 2 に接続される外部電源（図示せず）がそれぞれオン状態になると、駆動制御回路 50 は絶縁電源 60 から供給された駆動電流を第 2 及び第 3 の発光素子 L E D 2, L E D 3 に流し、第 2 及び第 3 の発光素子 L E D 2, L E D 3 はそれぞれ所定以上の光量の放射光を放射する。これらの放射光が第 2 及び第 3 のフォトランジスタ P T 2, P T 3 で受光されて、第 2 及び第 3 のフォトランジスタ P T 2, P T 3 はオフ状態からオン状態に遷移する。第 2 及び第 3 のフォトランジスタ P T 2, P T 3 のコレクタ電位が第 1 及び第 2 のスイッチ駆動回路 30, 40 にそれぞれ入力され、第 1 及び第 2 のスイッチ駆動回路 30, 40 は第 1 及び第 2 のスイッチ S W 1, S W 2 をそれぞれ閉状態となるように動作させる。この状態で、固定電位端子 T 1 から負荷接続端子 T 3 に接続された負荷 300 に所定の電流が供給され、負荷 300 が駆動される。なお、負荷 300 の他端は G N D 電位に電氣的に接続されている。

#### 【0044】

この状態では、固定電位端子 T 1 から第 2 のスイッチ S W 2 及び第 1 のスイッチ S W 1、さらに第 1 の抵抗 R 1 及び第 1 のダイオード D 1 を介して第 1 の発光素子 L E D 1 に駆動電流が供給され、第 1 の発光素子 L E D 1 は、所定以上の光量の放射光を放射する。この放射光が、第 1 のフォトランジスタ P T 1 で受光され、低電位となった第 1 のフォトランジスタ P T 1 のコレクタ電位が状態診断回路 10 の出力信号として駆動制御回路 50 に出力される。状態診断回路 10 の出力信号を受け取った駆動制御回路 50 は、第 1 及び第 2 のスイッチ S W 1, S W 2 が閉状態を維持するように第 1 及び第 2 のスイッチ駆動回路 30, 40 を制御する。また、第 1 及び第 2 のスイッチ S W 1, S W 2 が閉状態となった時点から、第 1 のコンデンサ C 1 には過渡電流が流れ、電荷が蓄積される。過渡電流は、第 2 の抵抗 R 2 と第 2 のダイオード D 2 との接続部の電位が、第 1 の抵抗 R 1 及び第 1 のダイオード D 1 と第 1 の発光素子 L E D 1 との抵抗分圧比で決まる電位に到達するまで流れ続ける。

#### 【0045】

ここで、何らかの理由で第 1 のスイッチ S W 1 が開状態となり、さらに開状態に固着された場合を考える。この場合、固定電位端子 T 1 と負荷接続端子 T 3 との間がオープン状態となり、負荷 300 に電流が流れなくなる。また、同様に、固定電位端子 T 1 から第 1 の発光素子 L E D 1 へ駆動電流が供給されなくなる。

#### 【0046】

一方、第 1 のコンデンサ C 1 に蓄積された電荷は、第 2 の抵抗 R 2 を介して電流として第 1 の発光素子 L E D 1 に供給される。第 1 の発光素子 L E D 1 には、第 1 のコンデンサ C 1 の蓄積電荷に応じたわずかな電流しか流れないため、第 1 のフォトランジスタ P T 1 はオン状態を維持できずオフ状態に遷移し、第 1 のフォトランジスタ P T 1 のコレクタ電位は低電位から高電位となる。この電位変化が駆動制御回路 50 で検出されることで、駆動制御回路 50 は、第 1 のスイッチ S W 1 に何らかの異常が発生したと判断して、第 2 のスイッチ S W 2 を開状態とするように第 2 のスイッチ駆動回路 40 を制御する。

#### 【0047】

なお、前述の一連の動作において、第 2 のダイオード D 2 は逆バイアス状態が維持されているため、電流が流れない。

#### 【0048】

〔効果等〕

以上説明したように、本実施形態に係る状態診断回路10は、第1のスイッチSW1の開閉状態を診断し、第1のスイッチSW1の負荷側端子に接続された第1の抵抗R1と、第1の抵抗R1と直列に接続された第1のフォトカプラ20と、第1の抵抗R1と並列にかつ第1の発光素子LED1のアノード側に接続され、第1のスイッチSW1が開状態の場合に第1のフォトカプラ20内の第1の発光素子LED1に蓄積された電荷を引き抜くための電荷引き抜き回路11と、を備えている。

#### 【0049】

第1のフォトカプラ20は、第1の抵抗R1と直列に接続された発光素子LED1と、第1の発光素子LED1と電氣的に絶縁され、第1の発光素子LED1からの放射光を受光し、この放射光の光量に応じてオン状態とオフ状態との間を遷移する第1のフォトランジスタ（受光素子）PT1と、を含んでおり、第1のフォトランジスタPT1のコレクタ電位が第1のフォトカプラ20の出力信号に相当する。

10

#### 【0050】

状態診断回路10は、第1のフォトカプラ20の出力信号に基づいて、第1のスイッチSW1の開閉状態を診断するように構成されている。具体的には、第1のフォトカプラ20の出力信号が所定のしきい値を超えた場合に第1のスイッチSW1が開状態であると診断するように構成されている。

#### 【0051】

また、電荷引き抜き回路11は、第1の抵抗R1と並列に接続された第1のコンデンサC1及び前記第1のコンデンサC1と直列に接続された第2の抵抗R2とを含んでいる。

20

#### 【0052】

状態診断回路10をこのように構成することで、負荷接続端子T3に接続された負荷300が軽負荷である場合や負荷300がオープン状態である場合にも、状態診断回路10の応答速度が低下するのを抑制することができる。このことについて、図面を用いてさらに説明する。

#### 【0053】

図3は、比較のための負荷制御装置の構成を示し、図4は、第1のスイッチSW1の開閉に応じた状態診断回路の応答波形を示す。なお、図3において、図2に示すのと同様の箇所については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。また、図4の（a）図は、図3に示す状態診断回路10の応答波形を、（b）図は、図2に示す本実施形態に係る状態診断回路10の応答波形をそれぞれ示している。なお、図3において、説明の便宜上、第2のスイッチSW2と第2のスイッチ駆動回路40及び第3のフォトカプラ22が図示されていないが、これらが設けられていてもよい。

30

#### 【0054】

図3に示す状態診断回路10は、例えば、特許文献1に開示された自己診断回路と同様の構成であり、第1の抵抗R1と第1のフォトカプラ20、つまり、第1の発光素子LED1及びこれと電氣的に絶縁された第1のフォトランジスタPT1で構成されている。図3に示す状態診断回路10は、図2に示す状態診断回路10における第1のコンデンサC1及び第2の抵抗R2、さらに第1及び第2のダイオードD1、D2が設けられていない点で異なる。

40

#### 【0055】

図4の（a）図に示すように、第1のスイッチSW1を開状態（オン状態）と閉状態（オフ状態）との間で繰り返し遷移させることで、状態診断回路10は、第1のスイッチSW1の状態を自己診断している。

#### 【0056】

図3に示す負荷制御装置70の負荷接続端子T3に軽負荷が接続された場合、第1のスイッチSW1の開閉に応じた負荷接続端子T3での電位変動は小さいものとなる。

#### 【0057】

一方、第1の発光素子LED1は、内部に形成されたPN接合が容量として働き、この容量に応じた電荷が蓄積される。また、この電荷は、PN接合容量と第1の抵抗R1とで

50

主に構成されるRC回路の時定数に応じてGND電位に流れるため、第1の発光素子LED1に流れる電流は急激に低下せず、第1の発光素子LED1は所定の期間、発光を続ける。第1のフォトトランジスタPT1のコレクタ電位も第1の発光素子LED1の発光強度の変化に応じて徐々に上昇するため、当該コレクタ電位が、第1のスイッチSW1が開状態から閉状態に移したと判定される所定のしきい値を超えるまでに遅延が生じる。このように、図3に示す状態診断回路10では、第1のスイッチSW1の開閉速度に対して、状態診断回路10の出力信号である第1のフォトトランジスタPT1のコレクタ電位の変化が追従せず、応答遅れが生じてしまう。このような応答遅れが生じると、第1のスイッチSW1の開閉状態を正しく診断できないおそれがあった。また、応答遅れを考慮して、第1のスイッチSW1の開閉周期を長くすると、自己診断時間が長引いてしまい、運転中の各種機器に適用することが難しくなっていた。

#### 【0058】

一方、図2に示す本実施形態の状態診断回路10では、図4の(b)図に示すように、第1のスイッチSW1が開状態から閉状態になると、第1のコンデンサC1に充電されていた電荷が第2の抵抗R2を介して第1の発光素子LED1に流れ込む。このことにより、第1の発光素子LED1に流れる電流は、第1のスイッチSW1が閉状態になった時点で急峻に低下し、第1のコンデンサC1と第2の抵抗R2とを含むRC回路の時定数に応じて徐々に増加する。この期間に、第1の発光素子LED1に形成されたPN接合に蓄積された電荷が引き抜かれてGND電位に排出される。なお、第1のコンデンサC1の容量は、第1の発光素子LED1が所定量以上の放射光を発生させる電流量に到達しないように調整されている。

#### 【0059】

このため、第1のフォトトランジスタPT1のコレクタ電位は、第1のスイッチSW1が開状態から閉状態になると、急峻に立ち上がってしきい値を超えるようになり、コレクタ電位が入力される駆動制御回路50において検知される第1のスイッチSW1の開閉速度と第1のスイッチSW1が実際に開閉される速度との差を縮めることができる。つまり、状態診断回路10の応答速度が低下するのを抑制することができる。このことにより、第1のスイッチSW1の自己診断時間が長引くのを抑制して、運転中の各種機器に適用することが可能となる。

#### 【0060】

また、第2の抵抗R2の抵抗値は、第1の抵抗R1の抵抗値よりも小さくなるように設定されている。

#### 【0061】

このことにより、第1のコンデンサC1と第2の抵抗R2とを含むRC回路の時定数を小さくして、第1の発光素子LED1に形成されたPN接合に蓄積された電荷の引き抜き速度をより高めることができる。その結果、状態診断回路10の応答速度をより高めることができる。

#### 【0062】

また、本実施形態に係る状態診断回路10は、アノード側が第1の抵抗R1に、カソード側が第1の発光素子LED1のアノード側にそれぞれ接続された第1のダイオードD1と、第1の発光素子LED1と並列にかつ第1の発光素子LED1のアノード側にカソード側が接続された第2のダイオードD2と、をさらに備えており、第2のダイオードD2のアノード側はグラウンド電位に電氣的に接続されている。

#### 【0063】

状態診断回路10をこのように構成することで、状態診断回路10に逆バイアス電圧が印加された場合に、第1の発光素子LED1を確実に保護することができる。このことについて、図5を用いてさらに説明する。

#### 【0064】

図5は、逆バイアス電圧が印加された場合の状態診断回路の応答を示す。なお、図5において、図2に示すのと同様の箇所については同一の符号を付して詳細な説明を省略する

。また、図 5 の (a) 図は、図 3 に示す状態診断回路 10 を、(b) 図は、図 2 に示す状態診断回路 10 をそれぞれ示している。

【0065】

何らかの理由で GND 電位が浮いてしまい、この状態で、第 1 のスイッチ SW1 が開状態になると、負荷 300 を介して負荷接続端子 T3 に通常とは逆方向に電流が流れることがある。つまり、負荷接続端子 T3 に逆バイアス電圧が印加された状態と同じになる。この場合、図 5 の (a) 図に示すように、第 1 の発光素子 LED1 にも逆バイアス電圧が印加されて逆方向に電流が流れてしまう。第 1 の発光素子 LED1 に印加される逆バイアス電圧が、第 1 の発光素子 LED1 の定格を越えていれば、第 1 の発光素子 LED1 は破壊してしまう。また、逆バイアス電圧が第 1 の発光素子 LED1 の定格以下であっても、第 1 の発光素子 LED1 の寿命が短くなるおそれがある。

10

【0066】

一方、本実施形態の状態診断回路 10 では、図 5 の (b) 図に示すように、負荷接続端子 T3 に逆バイアス電圧が印加された場合、第 1 のダイオード D1 も逆バイアス状態となる。このため、第 1 の発光素子 LED1 に逆方向の電流が流れるのを抑制できる。また、第 1 の発光素子 LED1 と並列にかつ極性が互いに逆方向となるように接続された第 2 のダイオード D2 を設けることで、負荷接続端子 T3 に逆バイアス電圧が印加された場合に、第 2 のダイオード D2 に逆方向の電流が流れて、負荷接続端子 T3 に流入する。

【0067】

このことにより、第 1 の発光素子 LED1 に逆方向の電流が流れるのを確実に抑制でき、第 1 の発光素子 LED1 の破壊を防止し、また、寿命が短くなるのを抑制できる。よって、状態診断回路 10 の信頼性を高めることができる。

20

【0068】

また、図 2 に示すように、本実施形態に係る負荷制御装置 70 は、一端が所定の電位、この場合は固定電位端子 T1 に、他端が負荷接続端子 T3 にそれぞれ電氣的に接続された第 1 のスイッチ SW1 と、第 1 のスイッチ SW1 を動作させる第 1 のスイッチ駆動回路 30 と、第 1 のスイッチ駆動回路 30 を制御する駆動制御回路 50 と、第 1 のスイッチ SW1 及び駆動制御回路 50 にそれぞれ電氣的に接続された状態診断回路 10 と、を備えている。

【0069】

駆動制御回路 50 に入力された第 1 のフォトカプラ 20 の出力信号に基づいて、駆動制御回路 50 は第 1 のスイッチ SW1 の開閉状態を診断し、第 1 のスイッチ SW1 が閉状態の場合に、負荷接続端子 T3 に接続された負荷 300 に、負荷 300 のインピーダンスに応じた所定の電流が流れる。

30

【0070】

負荷制御装置 70 をこのように構成することで、負荷 300 を駆動する期間中に第 1 のスイッチ SW1 の状態を自己診断することができる。

【0071】

負荷制御装置 70 は、駆動制御回路 50 に電氣的に接続された第 2 のフォトカプラ 21、つまり、駆動制御回路 50 に電氣的に接続された第 2 の発光素子 LED2 と、第 1 のスイッチ駆動回路 30 に電氣的に接続され、第 2 の発光素子 LED2 と電氣的に絶縁された第 2 のフォトランジスタ PT2 と、をさらに備えていてもよい。

40

【0072】

この場合、第 2 のフォトランジスタ PT2 は、第 2 の発光素子 LED2 からの放射光を受光するとともに、この放射光の光量に応じた出力信号を第 1 のスイッチ駆動回路 30 に出力し、第 2 のフォトランジスタ PT2 の出力信号、つまり、第 2 のフォトカプラ 21 の出力信号に基づいて、第 1 のスイッチ駆動回路 30 は第 1 のスイッチ SW1 を動作させるように構成されている。

【0073】

負荷制御装置 70 をこのように構成することで、駆動制御回路 50 と第 1 のスイッチ S

50

W 1 とが電氣的に絶縁された状態で、第 1 のスイッチ S W 1 の自己診断を行うことができるため、負荷制御装置 7 0 の機能安全性を高められる。

【 0 0 7 4 】

負荷制御装置 7 0 は、一端が所定の電位、この場合は固定電位端子 T 1 に、他端が第 1 のスイッチ S W 1 の一端にそれぞれ電氣的に接続された第 2 のスイッチ S W 2 と、第 2 のスイッチ S W 2 を動作させる第 2 のスイッチ駆動回路 4 0 と、駆動制御回路 5 0 に電氣的に接続された第 3 のフォトカプラ 2 2、つまり、駆動制御回路 5 0 に電氣的に接続された第 3 の発光素子 L E D 3 と、第 2 のスイッチ駆動回路 4 0 に電氣的に接続され、第 3 の発光素子 L E D 3 と電氣的に絶縁された第 3 のフォトランジスタ P T 3 と、をさらに備えていてもよい。

10

【 0 0 7 5 】

この場合、第 3 のフォトランジスタ P T 3 は、第 3 の発光素子 L E D 3 からの放射光を受光するとともに、この放射光の光量に応じた出力信号を第 2 のスイッチ駆動回路 4 0 に出力し、第 3 のフォトランジスタ P T 3 の出力信号、つまり、第 3 のフォトカプラ 2 2 の出力信号に基づいて、第 2 のスイッチ駆動回路 4 0 は第 2 のスイッチ S W 2 を動作させるように構成されている。

【 0 0 7 6 】

また、状態診断回路 1 0 によって第 1 のスイッチ S W 1 が開状態であると診断された場合に、駆動制御回路 5 0 は第 3 の発光素子 L E D 3 への電流供給を停止し、第 3 のフォトランジスタ P T 3 の出力信号に基づいて、第 2 のスイッチ駆動回路 4 0 は第 2 のスイッチ S W 2 を開状態にする。

20

【 0 0 7 7 】

負荷制御装置 7 0 をこのように構成することで、第 1 のスイッチ S W 1 が開放故障した場合に、状態診断回路 1 0 によって故障を検知するとともに、第 1 のスイッチ S W 1 の上流側、つまり、高電位側に位置する第 2 のスイッチ S W 2 を開状態とすることで、第 1 のスイッチ S W 1 が何からの理由で閉状態に復帰した場合にも、第 1 のスイッチ S W 1 に電流が流れることがない。このことにより、第 1 のスイッチ S W 1 に異常電流が流れるのを防止し、負荷 3 0 0 及び負荷制御装置 7 0 の安全保護が図れる。また、状態診断回路 1 0 に不具合があつて、第 1 のスイッチ S W 1 が閉状態であるにも関わらず開状態であると診断された場合にも、第 1 のスイッチ S W 1 に電流が流れるのを防止し、負荷 3 0 0 への電流供給を停止して、負荷 3 0 0 及び負荷制御装置 7 0 の安全保護が図れる。

30

【 0 0 7 8 】

(実施形態 2)

図 6 は、本実施形態に係る負荷制御装置 7 0 の構成を、図 7 A、図 7 B は、第 1 のスイッチ S W 1 の構成をそれぞれ示す。なお、図 6 において、実施形態 1 と同様の箇所については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【 0 0 7 9 】

図 2 に示す実施形態 1 の構成では、第 1 のスイッチ S W 1 は、負荷接続端子 T 3 から見てハイサイド、つまり高電位側に配置されているが、図 6 に示す本実施形態の構成ではローサイド、つまり低電位側に配置されている。また、負荷 3 0 0 の他端が所定の電位、この場合は 2 4 V 電源に接続され、第 1 のスイッチ S W 1 の一端が G N D 電位に電氣的に接続されている点で異なる。さらに、状態診断回路 1 0 が第 1 のスイッチ S W 1 よりも固定電位端子 T 1 に近い側に配置され、状態診断回路 1 0 と固定電位端子 T 1 との間にイネーブル回路 8 0 が設けられている点で異なる。また、2 4 V 電源と負荷 3 0 0 との間に設けられたメインリレー M R (第 3 のスイッチ M R) を動作させる第 3 のスイッチ駆動回路であるメインリレー駆動回路 9 0 と、駆動制御回路 5 0 に電氣的に接続され、第 3 のスイッチ駆動回路を制御する第 5 のフォトカプラ 2 4 が設けられている点で異なる。

40

【 0 0 8 0 】

図 6 に示す本実施形態の状態診断回路 1 0 では、第 1 の発光素子 L E D 1 と並列に第 1 のダイオード D 1 が接続されている。ただし、第 1 の発光素子 L E D 1 の極性と逆方向と

50

なるように第 1 のダイオード D 1 が配置されている。

#### 【0081】

イネーブル回路 80 は、第 4 のフォトカプラ 23 と第 2 のダイオード D 2 とを有している。第 4 のフォトカプラ 23 は、第 1 ～第 3 のフォトカプラ 20 ～22 と同様の構造を有しており、駆動制御回路 50 に電氣的に接続された第 4 の発光素子 L E D 4 と、第 4 の発光素子 L E D 4 と電氣的に接続された第 4 のフォトランジスタ P T 4 とで構成されている。なお、第 4 のフォトランジスタ P T 4 のコレクタ側は固定電位端子 T 1 に、エミッタ側は状態診断回路 10 にそれぞれ電氣的に接続されている。また、第 2 のダイオード D 2 は、第 4 のフォトランジスタ P T 4 と並列に接続されている。なお、第 2 のダイオード D 2 のカソード側が第 4 のフォトランジスタ P T 4 の高電位側、この場合はコレクタ側に接続され、アノード側が第 4 のフォトランジスタ P T 4 の低電位側、この場合はエミッタ側に接続されている。なお、第 4 の発光素子 L E D 4 及び第 4 のフォトランジスタ P T 4 の構造は、それぞれ第 1 ～第 3 の発光素子 L E D 1 ～L E D 3 及び第 1 ～第 3 のフォトランジスタ P T 1 ～P T 3 の構造と同様である。

10

#### 【0082】

第 4 の発光素子 L E D 4 からの放射光が所定以上の光量である場合、第 4 のフォトランジスタ P T 4 がオン状態となり、固定電位端子 T 1 と状態診断回路 10 における第 1 の発光素子 L E D 1 との間が電氣的に導通された状態となる。また、第 4 の発光素子 L E D 4 からの放射光が所定未満の光量である場合、第 4 のフォトランジスタ P T 4 がオフ状態となり、固定電位端子 T 1 と状態診断回路 10 における第 1 の発光素子 L E D 1 との間が電氣的に非導通の状態となる。

20

#### 【0083】

通常は、第 1 のスイッチ S W 1 が閉状態のときに、第 4 の発光素子 L E D 4 を発光させて第 4 のフォトランジスタ P T 4 をオン状態とすることで、状態診断回路 10 をイネーブル状態としている。このことにより、第 1 のスイッチ S W 1 に開放故障が生じた場合に直ちにそれを検知することが可能となる。また、後述するように、第 1 のスイッチ S W 1 の自己診断時には、所定の周期で第 4 の発光素子 L E D 4 を点滅させて、状態診断回路 10 のイネーブル状態とディスエーブル状態とを切り替えている。

#### 【0084】

第 5 のフォトカプラ 24 は、第 1 ～第 4 のフォトカプラ 20 ～23 と同様の構造を有しており、内部に収容された第 5 の発光素子 L E D 5 及び第 5 のフォトランジスタ P T 5 の構造は、それぞれ第 1 ～第 4 の発光素子 L E D 1 ～L E D 4 及び第 1 ～第 4 のフォトランジスタ P T 1 ～P T 4 の構造と同様である。第 5 のフォトランジスタ P T 5 のコレクタ電位が第 5 のフォトカプラ 24 の出力信号となり、それぞれメインリレー駆動回路 90 に入力される。第 5 の発光素子 L E D 5 からの放射光が所定以上の光量である場合、第 5 のフォトランジスタ P T 5 がオン状態となり、メインリレー駆動回路 90 はメインリレー M R を動作させてメインリレー M R が閉状態になるようにする。

30

#### 【0085】

また、図 7 A に示すように、第 1 のスイッチ S W 1 は、直列接続された 2 つの n 型電界効果トランジスタ N T 1, N T 2 で構成されている。この場合、n 型電界効果トランジスタ N T 2 のソース側が G N D 電位に電氣的に接続され、n 型電界効果トランジスタ N T 1 と n 型電界効果トランジスタ N T 1 のドレイン同士が接続されている。なお、内部に形成された P N 接合に起因して、n 型電界効果トランジスタ N T 1, N T 2 は、それぞれ寄生ダイオード P D 1, P D 2 が並列に接続された等価回路となる。寄生ダイオード P D 1, P D 2 の極性が互いに逆方向となるように n 型電界効果トランジスタ N T 1, N T 2 は直列接続される。

40

#### 【0086】

図 6、図 7 A に示すように、第 1 のスイッチ S W 1 を閉状態にするとともに、メインリレー M R を閉状態にすることで、24 V 電源に接続された負荷 300 から負荷接続端子 T 3 及び第 1 のスイッチ S W 1 を介して G N D 電位に所定の電流が流れ、負荷 300 が駆動

50

される。

#### 【0087】

本実施形態によれば、実施形態1に示すのと同様に、所定の周期で第1のスイッチSW1の開閉を繰り返すことで、状態診断回路10により第1のスイッチSW1の状態を自己診断することができる。また、実施形態1と同様に、状態診断回路10の応答速度が低下するのを抑制することができる。このことについて、図面を用いてさらに説明する。

#### 【0088】

図8は、比較のための別の負荷制御装置70の構成を示し、図9は、第1のスイッチSW1の開閉に応じた状態診断回路の応答波形を示す。なお、図8、9において、図6に示すのと同様の箇所については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。また、図9の(a)図は、図8に示す状態診断回路10の応答波形を、(b)図は、図6に示す本実施形態に係る状態診断回路10の応答波形をそれぞれ示している。

#### 【0089】

図8に示す状態診断回路10は、第1の抵抗R1と第1のフォトカプラ20、つまり、第1の発光素子LED1及びこれと電氣的に絶縁された第1のフォトランジスタPT1で構成されている。図8に示す状態診断回路10は、図6に示す状態診断回路10における第1のコンデンサC1及び第2の抵抗R2、さらに第1のダイオードD1が設けられていない点で異なる。

#### 【0090】

図9の(a)図に示すように、第1のスイッチSW1を所定の周期で繰り返し開閉させるとともに、この開閉動作に連動してイネーブル回路80をオンオフすることで、状態診断回路10はイネーブル状態とディスエーブル状態とが切り替わり、第1のスイッチSW1の状態が自己診断される。なお、負荷300及び負荷制御装置70の安全保護のため、第1のスイッチSW1とイネーブル回路80の第4のフォトカプラ23とを同時に状態遷移させる制御は行われず、第1のスイッチSW1が閉状態になった時点から所定の期間tdeadをあけて、第4のフォトカプラ23の出力信号が低電位となるように、また、第4のフォトカプラ23の出力信号が低電位から高電位になった時点から期間tdeadをあけて、第1のスイッチSW1が開状態となるようにして第1のスイッチSW1の自己診断が行われる。

#### 【0091】

図8に示す負荷制御装置70の負荷接続端子T3に軽負荷が接続された場合、第1のスイッチSW1の開閉に応じた負荷接続端子T3での電位変動は小さいものとなる。

#### 【0092】

この場合、第1の発光素子LED1に蓄積された残留電荷の影響で、図8に示す状態診断回路10では、図3に示す状態診断回路10と同様に、第1のスイッチSW1の開閉速度に対して、状態診断回路10の出力信号である第1のフォトランジスタPT1のコレクタ電位の変化が追従せず、応答遅れが生じてしまう。

#### 【0093】

一方、図6に示す本実施形態の状態診断回路10では、図9の(b)図に示すように、第1のスイッチSW1が開状態から閉状態になると、第1のコンデンサC1に充電されていた電荷は、第1のダイオードD1および第2のダイオードD2を通して、固定電位端子T1が接続された電源ライン側へ放電される。この電荷の流れに合わせて、第1の発光素子LED1に流れていた電流から電荷が一緒に引抜かれる。このとき、第1のダイオードD1は、第1の発光素子LED1に発生する逆電圧から第1の発光素子LED1を保護する。よって、第1の発光素子LED1に形成されたPN接合に蓄積された電荷が引き抜かれるため、第1のフォトランジスタPT1のコレクタ電位は、第1のスイッチSW1が開状態から閉状態になると、急峻に立ち上がってしきい値を超えるようになる。その結果、コレクタ電位が入力される駆動制御回路50において検知される第1のスイッチSW1の開閉速度と第1のスイッチSW1が実際に開閉される速度との差を縮めることができる。つまり、状態診断回路10の応答速度が低下するのを抑制することができる。このこと

により、第1のスイッチSW1の自己診断時間が長引くのを抑制して、運転中の各種機器に適用することが可能となる。

【0094】

また、状態診断回路10は、第1の発光素子LED1と並列に接続され、かつ第1の発光素子LED1と極性が逆方向になるように配置された第1のダイオードD1を備え、イネーブル回路80は、第4のフォトランジスタPT4と並列にかつ第4のフォトランジスタPT4の高電位側にカソード側が接続された第2のダイオードD2を備えている。

【0095】

状態診断回路10及びイネーブル回路80をこのように構成することで、何らかの理由で負荷接続端子T3が高電位となった場合に、第1のダイオードD1及び第2のダイオードD2を経由して固定電位端子T1側に電流が流れるため、第1の発光素子LED1や第4のフォトランジスタPT4が破壊されたり、これらの寿命が短くなったりするのを抑制できる。

【0096】

また、本実施形態に係る負荷制御装置70は、負荷300の他端に接続されたメインリレーMR（第3のスイッチMR）を駆動するためのメインリレー駆動回路90（第3のスイッチ駆動回路90）と、第5のフォトカプラ24とを備えている。第5のフォトカプラ24は、駆動制御回路50に電氣的に接続された第5の発光素子LED5と、メインリレー駆動回路90に電氣的に接続され、第5の発光素子LED5と電氣的に絶縁された第5のフォトランジスタPT5と、を有している。

【0097】

第5のフォトランジスタPT5は、第5の発光素子LED5からの放射光を受光し、この放射光の光量に応じてオン状態とオフ状態との間を遷移するとともに、出力信号、つまり、第5のフォトカプラ24の出力信号をメインリレー駆動回路90に出力し、第5のフォトカプラ24の出力信号に基づいて、メインリレー駆動回路90はメインリレーMRを動作させる。

【0098】

メインリレーMRは負荷制御装置70の外部にあって負荷300に電力を供給するためのスイッチであるが、本実施形態に示すように、メインリレーMRと駆動制御回路50との電氣的絶縁を保ちつつ、メインリレーMRの開閉を制御可能とすることで、負荷制御装置70の内部、特に第1のスイッチSW1に何らかの異常が生じた場合に、負荷300を介して負荷制御装置70に電流が流れ込むのを防止して、負荷制御装置70を保護できる。

【0099】

また、駆動制御回路50によって第1のスイッチSW1が開状態であると診断された場合、第5のフォトカプラ24の出力信号に基づいて、メインリレー駆動回路90はメインリレーMRが開状態となるように動作させる。

【0100】

このようにすることで、負荷制御装置70に電流が流れ込むのを確実に防止して、負荷制御装置70を保護できる。

【0101】

また、第1のスイッチSW1は、2つのn型電界効果トランジスタNT1、NT2が直列に接続された構成であり、2つのn型電界効果トランジスタNT1、NT2はそれぞれが有する寄生ダイオードPD1、PD2の極性が互いに逆方向となるように接続されている。

【0102】

このようにすることで、何らかの理由で第1のスイッチSW1に逆バイアス電圧が印加された場合に、第1のスイッチSW1に逆方向の電流が流れて、第1のスイッチSW1が破壊されたり、寿命が短くなったりするのを抑制できる。図7Aを用いてさらに説明する。

。

10

20

30

40

50

## 【0103】

負荷制御装置70が正常に動作している場合、図7Aの左側に示すように、第1のスイッチSW1は順バイアス状態であり、n型電界効果トランジスタNT1、NT2にそれぞれ電流が流れる。

## 【0104】

一方、図7Aの右側に示すように、第1のスイッチSW1が逆バイアス状態となった場合、n型電界効果トランジスタNT1、NT2はそれぞれオフ状態となる。また、寄生ダイオードPD1、PD2の極性が互いに逆方向であるため、寄生ダイオードPD1、PD2を介して電流が逆方向に流れることがない。従って、第1のスイッチSW1には電流が流れず、第1のスイッチSW1の破壊や寿命の短命化を抑制できる。

10

## 【0105】

(その他の実施形態)

なお、実施形態1、2にそれぞれ示す構成要素を組み合わせて、新たな実施形態とすることもできる。

## 【0106】

例えば、図2に示す構成において、負荷接続端子T3と負荷300との間にメインリレーMRを設けるとともに、メインリレー駆動回路90と第5のフォトカプラ24とを追加することで、メインリレーMRと駆動制御回路50との電氣的絶縁を保ちつつ、メインリレーMRの開閉を制御可能とすることができる(図10参照)。このことにより、第1のスイッチSW1に何らかの異常が生じた場合に、負荷300に異常電流が流れ込むのを防止して、負荷300を保護できる。なお、図10に示す構成から、第2のスイッチSW2と第2のスイッチ駆動回路40と第3のフォトカプラ22とを省略するようにしてもよい。この場合は、第1のスイッチSW1は、固定電位端子T1に直接に接続される。

20

## 【0107】

また、実施形態2に示す構成において、状態診断回路10よりも固定電位端子T1に近い側に別のスイッチとこれを駆動するフォトカプラ及びスイッチ駆動回路が設けられていてもよい。

## 【0108】

また、図7Aにおいて、2つのn型電界効果トランジスタNT1、NT2を直列接続することで第1のスイッチSW1を構成する例を示したが、2つ以上のn型電界効果トランジスタを直列接続することで第1のスイッチSW1を構成するようにしてもよい。この場合、少なくとも2つのn型電界効果トランジスタにおいて、それぞれが有する寄生ダイオードの極性が互いに逆方向となるように直列接続されていれば、第1のスイッチSW1に逆バイアス電圧が印加された場合に電流が流れない。よって、実施形態2に示すのと同様の効果を奏することができる。

30

## 【0109】

あるいは、図7Bに示すように、n型電界効果トランジスタNT1に替えてPNダイオードPNDをn型電界効果トランジスタNT2と直列接続することで第1のスイッチSW1を構成してもよい。この場合、PNダイオードPNDの極性と、n型電界効果トランジスタNT2が有する寄生ダイオードPD2の極性が互いに逆方向となるように直列接続されていれば、第1のスイッチSW1に逆バイアス電圧が印加された場合に電流が流れない。よって、図7Aに示した構成と同様の効果を奏することができる。

40

## 【0110】

なお、実施形態1、2において、第1～第5のフォトカプラ20～24の内部の受光素子がフォトトランジスタである構成を例に取って説明したが、特にこれに限定されず、他の構成であってもよい。受光素子が、発光素子からの放射光を受光し、当該放射光の光量に応じてオン状態とオフ状態との間を遷移するように構成されていればよい。

## 【0111】

また、図8に示す第1のスイッチSW1を、例えば、接点式のリレースイッチとしてもよいし、図2に示す第1のスイッチSW1を図7A、図7Bに示す構成としてもよい。

50

## 【0112】

また、実施形態1, 2において、一組の発光素子と受光素子とを1つのパッケージで形成したフォトカプラを用いたが、個別の発光素子と個別の受光素子とを所定の距離内に近接配置させるようにしてもよい。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0113】

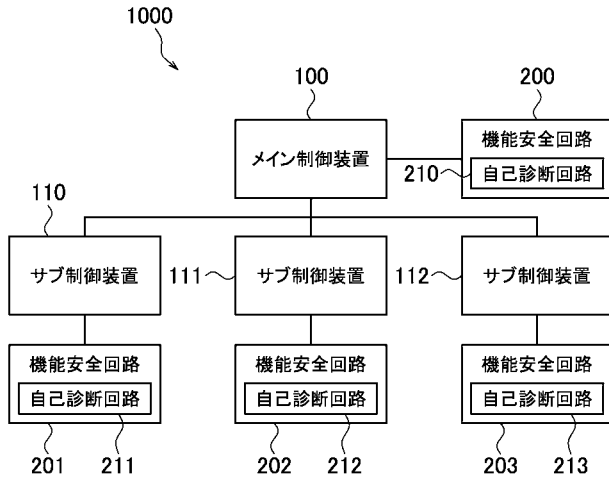
本発明に係るスイッチの状態診断回路は、応答速度の低下を抑制でき、自動車用機器や産業用機器に適用する上で有用である。

## 【符号の説明】

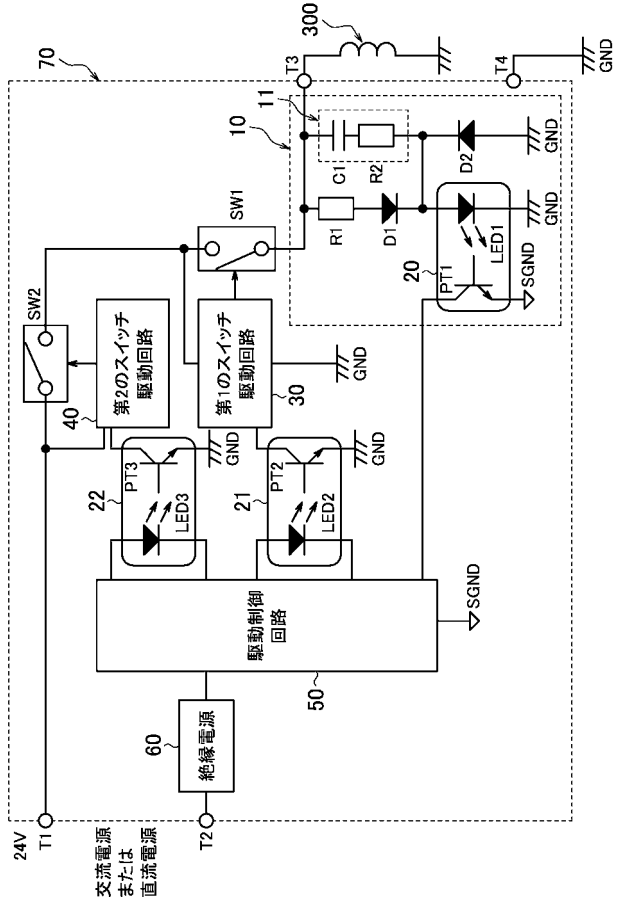
## 【0114】

|           |                         |    |
|-----------|-------------------------|----|
| 10        | 状態診断回路                  | 10 |
| 11        | 電荷引き抜き回路                |    |
| 20～24     | 第1～第5のフォトカプラ            |    |
| 30        | 第1のスイッチ駆動回路             |    |
| 40        | 第2のスイッチ駆動回路             |    |
| 50        | 駆動制御回路                  |    |
| 60        | 絶縁電源                    |    |
| 70        | 負荷制御装置                  |    |
| 80        | イネーブル回路                 |    |
| 90        | メインリレー駆動回路（第3のスイッチ駆動回路） | 20 |
| 100       | メイン制御装置                 |    |
| 110～112   | サブ制御装置                  |    |
| 200～203   | 機能安全回路                  |    |
| 210～213   | 自己診断回路                  |    |
| 300       | 負荷                      |    |
| 1000      | 車両制御装置                  |    |
| C1        | 第1のコンデンサ                |    |
| D1        | 第1のダイオード                |    |
| D2        | 第2のダイオード                |    |
| LED1～LED5 | 第1～第5の発光素子              | 30 |
| MR        | メインリレー（第3のスイッチ）         |    |
| NT1, NT2  | n型電界効果トランジスタ            |    |
| PD1, PD2  | 寄生ダイオード                 |    |
| PND       | PNダイオード                 |    |
| PT1～PT5   | 第1～第5のフォトリランジスタ（受光素子）   |    |
| R1        | 第1の抵抗                   |    |
| R2        | 第2の抵抗                   |    |
| SW1       | 第1のスイッチ                 |    |
| SW2       | 第2のスイッチ                 |    |
| T1        | 固定電位端子                  | 40 |
| T2        | 外部電源接続端子                |    |
| T3        | 負荷接続端子                  |    |
| T4        | GND端子                   |    |

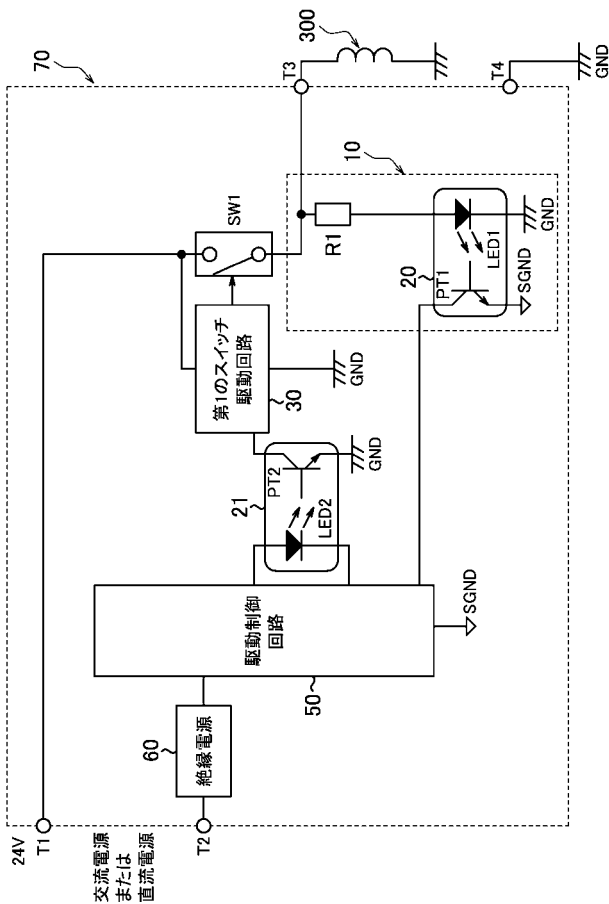
【図 1】



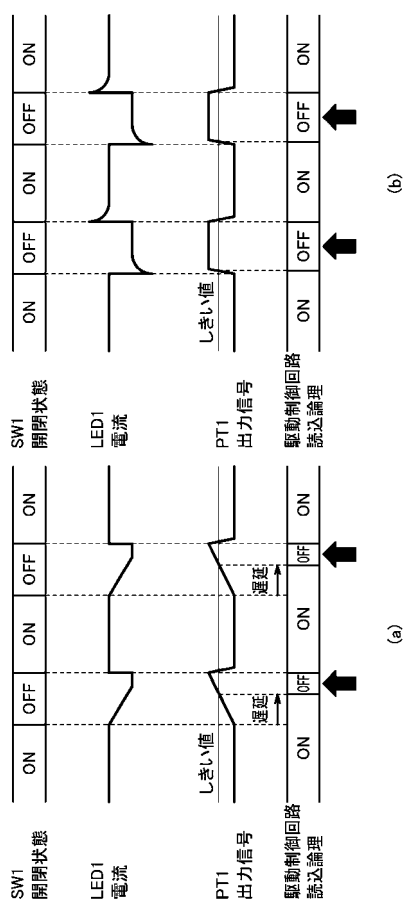
【図 2】



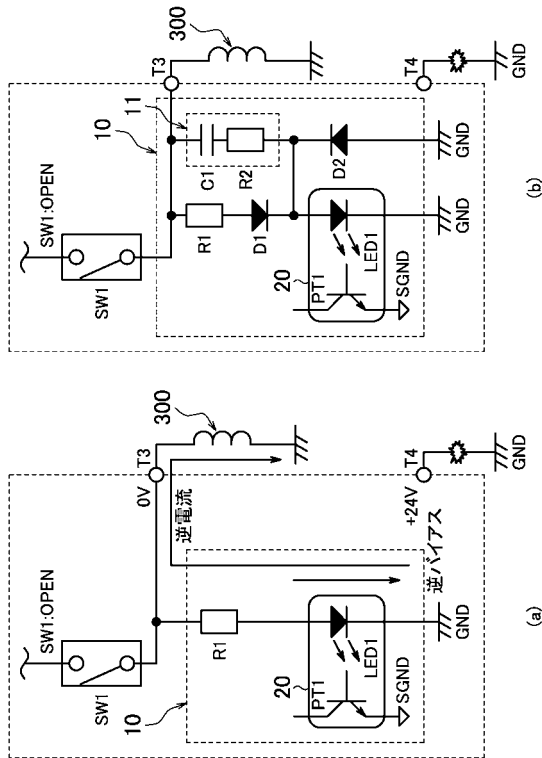
【図 3】



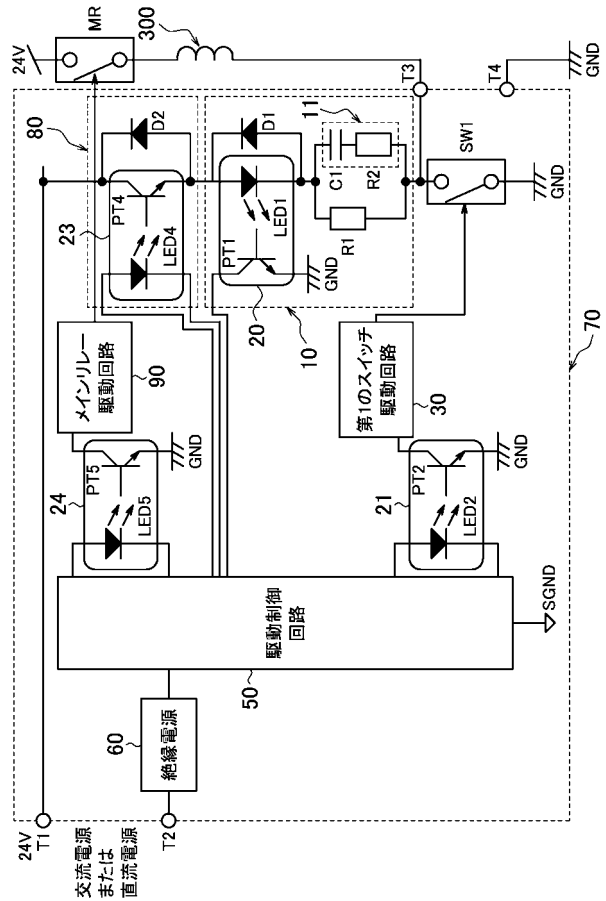
【図 4】



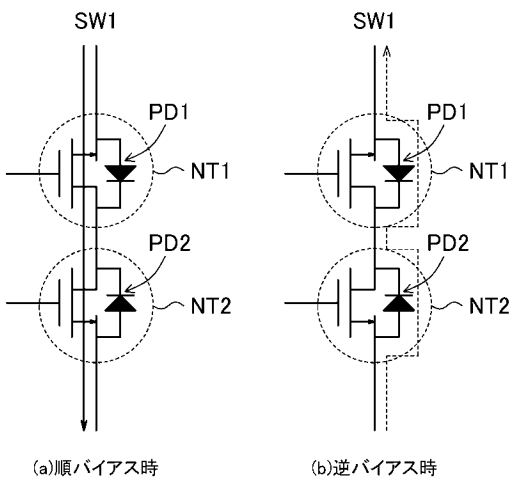
【図 5】



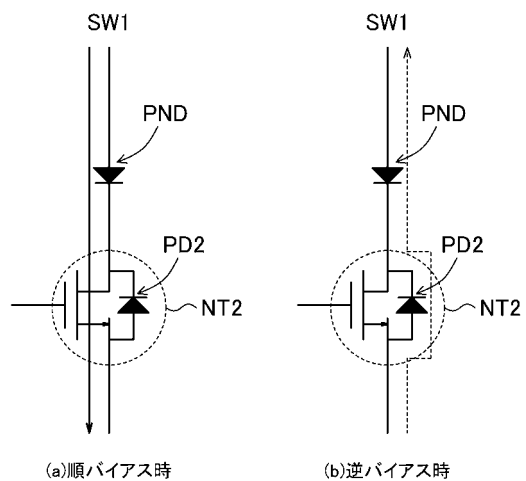
【図 6】



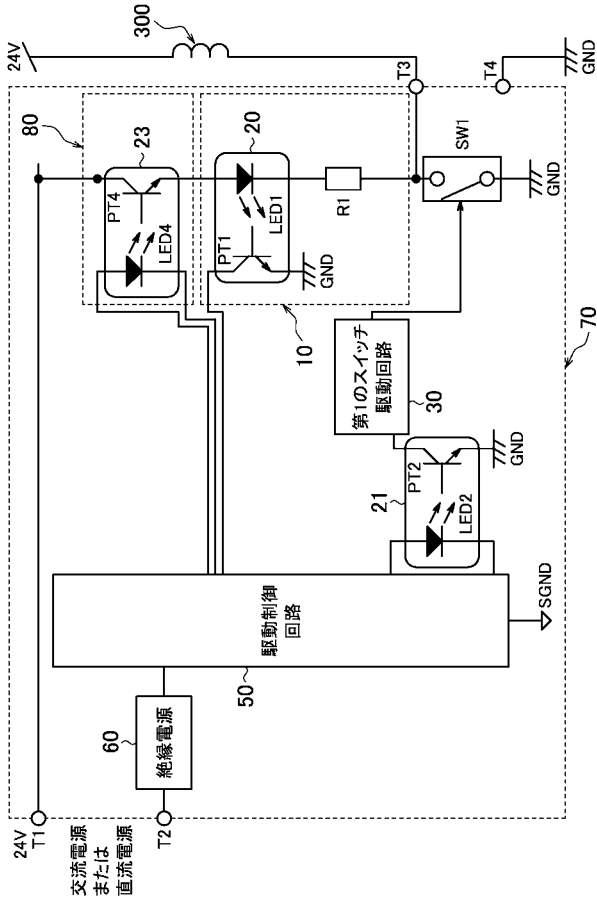
【図 7 A】



【図 7 B】



【図 9】



【 図 1 0 】

