

(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2017-191764

(P2017-191764A)

(43) 公開日 平成29年10月19日(2017.10.19)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO1H	9/54	(2006.01)	HO1H	9/54	A	5E021		
HO1R	13/703	(2006.01)	HO1R	13/703		5G028		
HO1H	33/59	(2006.01)	HO1H	33/59	D	5G034		

審査請求 未請求 請求項の数 7 書面 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2016-94132 (P2016-94132)
 (22) 出願日 平成28年4月15日 (2016.4.15)

(71) 出願人 714003922
 嶋田 隆一
 東京都世田谷区上野毛1丁目31番1-7
 05号
 (72) 発明者 嶋田 隆一
 東京都世田谷区上野毛1丁目31番1-7
 05
 Fターム(参考) 5E021 FA03 FA08 FA14 FA16 FB21
 FC07 FC14 MA19 MA22 MA25
 MB01
 5G028 AA22 FB06
 5G034 AA01 AA09

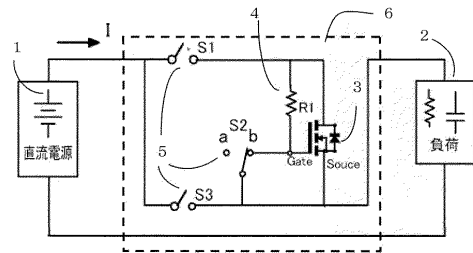
(54) 【発明の名称】 無アーク電流接続装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 直流電力系の無アークで接続開放する開閉器、接続装置を提供する。

【解決手段】 直流用開閉器、接続装置には、主回路の機械接点であるS3と並列に、MOSFETなど絶縁ゲートを持つ半導体スイッチを機械接点S1を介して接続してあり、さらに半導体スイッチはゲートとドレインが高抵抗R1で接続されて常時オン状態にしてあり、電流はS3をオフすることで、無アークで半導体スイッチに転流するが、その後、接点S2で半導体スイッチのゲート電圧をゼロにして、半導体電流を遮断し、その後さらに安全のためにS1も開にすることで完全に解放する。

【選択図】 図1



接続時のシーケンス S1オン→S2オン (b接点オフ) →S3オン
 解放時のシーケンス S3オフ→S2オフ (b接点オン) →S1オフ
 1: 直流電源 2: 負荷 3: Q1絶縁ゲート半導体スイッチ 4: 高抵抗R1
 5: スイッチ (S1: 起動接点、S2: ゲート制御SW、S3: 通電接点)
 6: 無アーク開閉・接続装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流電力系の開閉、接続装置において、機械式の金属接点 S 3 が開動作するとき、前記接点にアークを発生させないように、並列に MOSFET など絶縁ゲートを持つ半導体スイッチで構成した回路を、機械接点 S 1 を介して先に接続しておき、さらに半導体スイッチはアークが発弧しないようにゲートとドレインが高抵抗 R 1 で接続されているので、S 3 の電流が、無アークで半導体スイッチに転流するが、その後、その電流を接点 S 2 b のオンで半導体スイッチのゲート電圧が下がって、半導体スイッチがオフになって電流を遮断するが、その後、さらに S 1 も開状態にすることを特徴とする開閉、接続装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の接続回路を用いて、DC プラグの中心導体を S 1 にして、プラグの挿入を検出して開となる接点を S 2 b とし、プラグの外部導体が最終的に接触する導体を S 3 とすることで、無アークで抜き差しすることを特徴とする直流プラグとジャック。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の接続回路を用いて、母線電極へ圧着して接続する接触子は、直流母線と接触する可動接触子の中心導体を S 1 とし、S 3 は直流母線と広い面積で接触する可動接触子の外側導通導体とし、中心導体は常に下からばねによって押されて導通外部導体より突出しており、最初に S 1 が母線に接触するようにして、中心導体が母線に接触して押されるとその動作で S 2 b がオンオフされるように S 2 スwitch が配置されており、中心導体は MOSFET のドレインに、外部導通導体は負荷に直接つながっており、S 2 b は MOSFET のゲートとソースにそれぞれ接続されてノルマルクローズの接点になっている構造によって、S 1 からオンし、次に S 2 b がオフし、最後に S 3 が接触して母線との接続が完了し、解放はその逆がなされることで無アークで非接続とする直流電流用接続装置。

【請求項 4】

DC 用のプラグとコンセントにおいて、プラグには + 電極と - 電極、そして第 3 電極となる絶縁ロッドを有し、そのコンセントの内部には、差し込みと同時に主回路の + 電極に接触する接触子と - 電極に差し込むに従って接触する S 1, S 3 の接触子を配置して、さらに絶縁ロッドをプラグの第 3 電極にして、差し込む途中で S 2 b 接点をオン、オフする機構を有し、請求項 1 の回路構成を接続して無アークで解放、接続する直流用の電源コンセント。

【請求項 5】

請求項 1 の開閉、接続装置において、機械接点 S 1 と、S 2 の b 接点との間にコンデンサ C と抵抗 R 2 の直列を接続して、その中点を半導体スイッチのゲートに接続して再起電圧の上昇をミラー積分回路にて制御する回路を付加し、さらに半導体スイッチのドレインにダイオードを接続して逆方向電流阻止とする無アーク遮断回路構成、また、半導体スイッチの過電圧保護のために、バリスタを付加する。

【請求項 6】

請求項 1 から 4 の接続装置において、機械接点 S 1 と S 3 の間にダイオード・ブリッジ接続して電力方向に関わらず電流が流せるようにした絶縁ゲートの半導体スイッチをゲートの制御を S 2 b 接点で行うことで、電流方向に関わらず S 3 の電流を転流し、遮断できるようにした無アーク遮断回路の構成。

【請求項 7】

請求項 1 から 4 の接続装置において、機械接点 S 1 と S 3 の間に 2 つの MOSFET を逆直列に接続して、そのゲートを高抵抗 R 1 でそれぞれのドレインに接続し、ともに、ゲート電圧を制御する S 2 b 接点に接続するようにして、電流方向に関わらず S 3 の電流を転流し、遮断できるようにした無アーク遮断回路の構成。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は直流電力系で用いる開閉器、プラグ、コンセントなど接続装置に関する。

【背景技術】

【0002】

本発明は、直流電流の開閉器、プラグとコンセントなど接続装置に関し、直流電力系統、太陽光発電、電気鉄道、電気自動車、屋内配線等において必要な電流の開閉、接続装置に属し、直流電流を通電中において遮断するにアークを発生すること無く遮断可能になるように、半導体スイッチと、導通損失の低い金属接点スイッチとで構成される直流接続装置に関する。

【0003】

近年、半導体スイッチの進歩により、絶縁ゲートを持ったパワーMOSFETやIGBTなどで高電圧・大電流が高速に遮断可能になったが、半導体デバイスはまだ、金属接点に較べれば、通電中の電気抵抗が大きく、発熱が生じ、何らかの冷却機構が必要である。一方、直流電流の遮断を金属接点の開極で行うと電流が遮断されずにアーク放電となって電流が連続する。開極時に発生する高温のアークにより接点金属を溶かし消耗し、アークを消滅させなければ電流は遮断できない。アークを消弧するにはアーク長を磁気などで長くし、消弧するが、電極が消耗して接点の寿命が短くなってしまふ。さらに直流の接続装置(コネクタ)、プラグ・コンセントも通電中に接続を停止・断線状態にすることができない問題があった。

【0004】

近年シリコン・カーバイド系の半導体が実用化されて、MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)で数kVの高耐電圧の半導体スイッチが実用化されようとしている。この高耐圧の半導体スイッチを使って、これまで金属接点では困難であった高電圧の直流電力系の開閉、遮断スイッチが提供できるようになった。しかし、まだまだ、半導体スイッチの通電損は金属接点より大きく、連続通電では半導体スイッチの冷却装置が必要となり、大型になってしまうのが欠点である。そこで、両方の利点を組み合わせて、通電は金属接点で、遮断時のみ半導体スイッチで通電、遮断する無アーク開閉器、遮断器が望まれている。

【0005】

本発明は特許5864006に記載した金属接点と半導体スイッチの並列接続による無アーク開閉器の欠点を除き、さらに効果を増し、応用範囲を広げる改良に関するものである。また、先行特許文献2では、「電力用途でスイッチを構成する場合、金属接点のみで完全に遮断する回路が必要とされる場合がある。」と記されて「IGBTに直列に機械スイッチを入れる必要があることを意味する」とある。本発明にもそのスイッチを追加する必要がある。それがS1であって、導通する時は最初にS1がオンされ、遮断時は、S1は最後にオフされる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許5864006号

【特許文献2】特願2011-531965

【特許文献3】特願2016-13814

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、先記特許文献1の図7に示された直流電流の遮断支援回路は、常時、半導体スイッチが接続されており、開極時、並列の半導体回路の常時並列に接続されていることの信頼性が問題になるうえに、ゲート回路を通じてわずかな電流のリークがあることも欠点であった。また、金属接点のa接点は主回路電流が流れるが、遅れてb接点がオンする時間遅れを利用して、半導体スイッチをオフするタイミングに使うが、b接点はa接点のように大電流を扱わず、絶縁ゲートの電位を短絡するのみで数Vで数mAの弱電流である

10

20

30

40

50

。接点には不完全な接触問題、チャタリング問題の少ない弱電流用のスイッチを用いるほうが合理的である。

半導体に流れる時間が先行特許文献 1 に記載の双投スイッチでは電極 a から b までの反転時間であって、それは数 m S で、かなり短く半導体の通電容量では十分効果のあることであるが、短時間の半導体の電流容量は十分にあるので数 10 m S と短時間でなくてもよく、通電接点とゲート制御のスイッチ S 2 はスイッチ S 1 と S 3 の間のタイミングで作動し、連動していればよいのである。

【 0 0 0 8 】

本発明は上記の点に鑑みなされたものであり、その目的はゲート駆動電源、タイマーなど不要で、簡易な回路構成で、導通している電流を遮断する際に、半導体スイッチでバイパスして、金属接点のアークを発生させずに、短時間のみ半導体スイッチに転流させて後、半導体スイッチで電流を遮断する機能を備え、導通時はバイパスする機械接点 S 3 があって、さらにリーク電流を防ぐために電流遮断後に完全に極間を断路する機械接点 S 1 で構成する開閉器、プラグ・コネクタなど接続装置を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、本発明によれば、直流電源に負荷を接続・開放する手順を図 1 にて説明する。

接続するには

- (1) 最初に S 1 がオンすると半導体回路を接続するが、半導体スイッチはゲートが S 2 b 接点に接続されており、ゲート制御の電圧がゼロで半導体スイッチはオフ状態のままである。
- (2) S 2 の接点が作動開始すると、b 接点から外れて半導体スイッチの抵抗 R 1 によりゲート電圧は上昇し、半導体スイッチ M O S F E T はセルフバイアス電圧 V_{th} (シュレスホールド電圧) で導通する。半導体デバイスが導通状態となり負荷へと電流が流れる。
- (3) 最後に S 3 をオンする。オン抵抗の小さな金属接点である S 3 で電源と負荷間を短絡させることで電流は主として S 3 を流れるようになって、半導体にはわずかに流れても発熱もわずかでスイッチの接続動作は完了する。

【 0 0 1 0 】

解放するには、

- (4) 最初に S 3 の接続装置が解放するが S 2 b 接点がオンするまで、半導体はセルフゲートトリガーで導通状態であるので、全電流が半導体に流れて接点の極間はアークが発生するに必要な約 10 V 以上にならず、S 3 は無アークで開極される。
- (5) つぎに S 2 b 接点がオンするとゲート制御電圧がゼロになって半導体スイッチはオフになって負荷への電流が遮断される。このときインダクティブな負荷を切るとサージ電圧が発生するので過電圧保護が必要である。
- (6) 微小なリーク電流の除去のため、また感電事故防止ため、機械金属接点による S 1 が、電流が微小なため無アークで開放され、完全な開放動作が完了する。

S 1 , S 2 , S 3 の 3 つの接点の一連の動作によって開閉器の開閉、プラグ・コネクタなどの接続・開放すれば、アークの無い接続解放遮断が可能である。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

上記手順により、アーク無しで金属接点を導通、遮断解放することができる。

すなわち、S 1 接点の操作、その後 S 2 接点の操作によって通電が行われ、その後、接点 S 3 がこの電流を短絡して半導体デバイス電流は S 3 の導通接点に転流させる、3 ステップで大電流直流を無アークで接続する、解放はこの逆である。

【 0 0 1 2 】

これにより、交流接点では完全開放状態、すなわち空気の層で絶縁されてオフされていた開閉器、コンセント、プラグなどが、直流電流であっても、これまでに準じた安全基準

10

20

30

40

50

で完全な開放状態であると考えられる。解放動作では、電源から接続装置を経て負荷側に流れていた電流が、前記通電接点 S 3 が開極すると半導体スイッチがオン状態のため接点 S 1 へ転流し、S 2 の b 接点のオンで、直流アーク無しに半導体スイッチで遮断するがそれは接点 S 3 が十分な開極距離を得てから行うことができる。半導体スイッチで遮断後、抵抗 R 1 によるリーク電流を、接点 S 1 が開極して遮断するが 1 mA 以下の電流であるのでアークは発生しない。結局、アークを全く発生せずに直流電流を遮断する。(請求項 1) S 2 接点は a 接点であっても半導体ゲート電圧を制御できれば可能であるが。この a 接点は主回路の電圧に耐える必要がある、また S 1 接点の接触不良で半導体ゲートに高電圧がかかる可能性があるので何らかの保護回路が必要である。S 2 の b 接点を使って半導体を制御すればここに高電圧は発生しないので弱電流用のスイッチが使える利点がある。(請求項 1)

10

【0013】

このため電極の開極動作が、時間がかかっても、さらに手動であっても遮断可能になるので、直流の接続装置、プラグやコンセントなどにも無アークの信頼性の高い開閉装置、プラグ・コンセントなどを提供できる。(請求項 2, 3, 4)

【0014】

大電流になると半導体デバイスの通電時間が問題になる場合は、先行特許文献 1 の無アークの双投スイッチを反転時間が 2, 3 ms を S 2 に採用すれば通電時間を最小の数 ms にすることができる。

【0015】

ここで S 1 を直流遮断能力のある機械接点、例えば磁界による吹き消し効果による直流遮断器にすれば、半導体スイッチとの直列遮断で種々の相乗効果を期待できる。ひとつは機械接点の信頼性を必要とする場合、S 1 を安全スイッチとして考えてもよいし、半導体スイッチが故障した場合のバックアップとして考えることもできる。金属接点による直流電流遮断はアークによる電極消耗が問題で接点の耐久性が交流に較べ大幅に低い半導体スイッチとの直列接続でその問題を解決できる。すなわち、開閉回数が多い、負荷電流の開閉には、半導体スイッチを用い、電流が大きい頻度の少ない事故電流の場合には、S 2 は動作させずに、機械接点 S 1 で遮断するなどである。(請求項 5)

20

【0016】

さらに直流でも電流の方向に因らず、無アークでの遮断可能な方法(請求項 6, 7)は、高電圧大電流の交流電流に、適用可能である。交流電流は電流ゼロ点があるので遮断が可能ではあるが、アークが発生すると電極消耗やノイズの問題が起こる。本発明の無アーク開閉を用いれば、多頻度の開閉に耐え、また遮断時にアークが起因するノイズが発生しないなどの利点がある。

30

【図面の簡単な説明】**【0017】**

【図 1】本発明の実施例 1 の回路構成図である。

【図 2】図 1 の回路構成でそれぞれ接続時、解放時のそれぞれ負荷電流、半導体電流、S 2、S 1、S 3 の各スイッチのオン、オフのシーケンスを説明する図である。

【図 3】本発明の実施例 1 の DC プラグの構成図とプラグの抜き差しによるスイッチの状態を説明する図である。

40

【図 4】本発明の実施例 2 の大電流用直流母線への接続装置の構成図とプラグの抜き差しによるスイッチの状態を説明する図である。

【図 5】本発明の再起電圧調整回路、逆電流阻止型の回路構成図である。

【図 6】本発明の電流方向の変わる、または交流電流用の回路構成図である。

【図 7】本発明の電流方向の変わる、または交流電流用の回路のダイオード・ブリッジを用いない場合の回路図である。

【図 8】本発明の DC 用プラグとコンセントの構造と動作説明の図である。

【図 9】特許文献 1 に開示されている双投スイッチによる無アーク開閉器の回路図である。

50

【図10】実施例1の原理検証のためDC高圧プラグ試作写真と遮断時の極間電圧の波形をしめす。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施の形態を図1～図3に示す実施例1、および図4～図9に示す実施例に基づいて説明する。

【0019】

まず、本発明の実施例1による直流電源プラグ・コンセントの回路構成を図1に示す。スイッチが3つあって、接続時のシーケンスは、S1オン S2オン（b接点オフ） S3オン。解放時のシーケンスは、S3オフ S2オフ（b接点オン） S1オフ、である。

10

【0020】

図2はスイッチと電流の関係を示した図である。図2に接続動作時のシーケンスと電流の概略を示す。接続時、電極の挿入によってS1がオンになっても、半導体スイッチがオフであるのでは電流は流れない。S1の接点がオンにしたあと、さらに挿入、S2のb接点が圧力により、b接点が開極して、ゲート電圧は V_{th} （シュレスホールド電圧）になって、半導体スイッチはオン状態になる。最後に直流電源に接続したS3がオンして、半導体電流は抵抗の小さなS3にほとんどの電流が流れる。プラグがS1をオンし、続いてS2bをオフにして、最後にS3をオンする。

20

【0021】

図2に解放動作時のシーケンスと電流の概略を示す。接続状態ではS1、S3がオン状態、S2はb接点がオフ状態で、負荷電流は主にS3で流れている。解放のためにプラグを引き抜くとまずS3が開極するがS1、半導体スイッチがON状態のため無アークで開極する。続いて、プラグを引き抜き、フリーになったS2bがb接点オンするとゲート電圧がゼロになって半導体スイッチがオフされ、負荷電流が無アークで遮断される。最後にS1の開極により残ったR1に流れる1mA以下の電流を遮断して完全な解放がなされる。

【0022】

図3は図1の回路構成の1実施例である同軸状のDCプラグの構成図とプラグの抜き差しによる、スイッチS1、S2、S3を同軸状のプラグと受け側のコンセントにした動作説明図を示す。図3のプラグは電源と負荷を接続するプラグとジャックになっており、電流のリターンは別に接続してある。（請求項2）

30

（1）は接続前の状態

（2）プラグの挿入が開始してDCプラグS1が導通した、しかし、ゲート電圧が短絡されているので電流が流れない。

（3）挿入が進むとS2bがオフになって、MOSFETが導通状態になる。

（4）さらにプラグが挿入されて、S3がオンして導通が完了。

（5）遮断の開始。S3で導通している。

（6）S3がオフされても、その電流はMOSFETで導通されているので無アークで転流する。

40

（7）S2bがオンされるとゲート電圧がゼロになってMOSFETにより電流が遮断。

（8）S1も離れて完全な遮断動作が終了。

（9）プラグの解放が完了。

【0023】

図10には実施例1の回路をもちいて図3において説明したDCプラグを数Aの直流電流を無アーク遮断したことを実証している。そのDCプラグとジャック外観と極間の再起電圧の波形を示す。再起電圧は最大180V程度で、この波形からアークが発生しなかったことがわかる。アークが発生すると図のように電圧波形にプラズマ動揺による不規則な電圧が見られるからである。

【0024】

50

図4は本発明の実施例3の直流大電流接続装置の構造図である。(請求項3)
 実施例3では、S1は直流母線と接触する可動接触子の中心導体である。S3は直流母線と広い面積で接触する可動接触子の外側導通導体である。中心導体は常に下からばねによって押されて導通導体より突出しており、最初にS1が母線に接触するようになっている。中心導体が母線に接触して押されるとその動作でS2がオフされるように配置されている。中心導体はMOSFETのドレインに、外部導通導体は負荷に直接つながっている。S2bはMOSFETのゲートとソースにそれぞれ接続されてノルマルクローズの接点になっている。この構造によって、S1からオンし、次にS2がオフし、最後にS3が接触して母線との接続が完了し、解放はその逆がなされる。

【0025】

図5に再起電圧の上昇率を制御してノイズを低減するためのミラー積分効果を用いるC-R2回路を追加した。さらにMOSFETのボディダイオードによる逆電流導通を阻止するためのダイオードをMOSFETのドレインに挿入した応用例を示す。さらにゲート逆電圧の保護のために保護ダイオードをソースゲート間に追加している。これが15V程度の定電圧ダイオードであるとさらに順電圧の保護にも効果がある。また、S2が双投スイッチやマイクロスイッチである場合、S2のa接点があるので、それをS1に直列に用いると半導体デバイスの通電時間が双投スイッチの反転時間のみになるので、半導体の通電容量が上がる効果がある。

【0026】

図6は実施例1の回路構成を直流電流双方向にも、さらに交流電流にも適用可能な回路構成を示す。S1とS3の間にダイオード・ブリッジを介して接続して直流化してMOSFETが半導体スイッチとして使用されて電流双方向になる。ゲートにはミラー積分効果のC-R、保護ダイオードが付いている。S2はこの場合、S1、S2回路から絶縁する必要がある。このS2b接点は弱電圧のスイッチで可能である。

【0027】

図7は図6の交流、または電流方向の変わる直流用の変形である。MOSFETを逆直列で電流双方向のスイッチになる。図6よりも部品数が少ない。

【0028】

図8は直流プラグとコンセントの実施例である。S1、S3は金属接点が差し込みに従って順次接触する。S2bは差し込まれた中間位置に置かれており、S1がオンすると次に、b接点がオフになる、b接点がオフで半導体デバイスがオン状態になって電流が流れ、その後S3がオンして、半導体回路をバイパスする。遮断はこの逆にS3オフ、S2bオンで電流が半導体デバイスで遮断、最後にS1が離れて開極が完了する。この回路図は最も簡単な構成の直流電流の1方向専用であるが、半導体回路を図5にして、再起電圧の制御を行うも可能、さらに図6、または図7を用いれば交流にも適用可能である。

【0029】

(その他の実施形態)

- (1) 上記の実施形態では半導体デバイスとしてMOSFETを使用しようとしたが、IGBT(絶縁ゲートバイポーラトランジスタ)など絶縁ゲートをもつ電圧制御デバイスでもよい。
- (2) 上記の実施形態では、接続装置に適用した場合について説明したがS1, S2, S3が順にオン、オフすれば良いので、3スイッチ連動の手動の回転スイッチ、スライドスイッチ、直流電流ばかりでなく交流用遮断器、電磁接触器に適用することができる。そこでは開極スピードが遅くても無アークであれば、寿命には問題ないので接触抵抗の低い金属接点を選択することができ、駆動機構も大きく変わる。
- (3) 交流配電用の交流高速アーク遮断、開閉器に本発明の無アーク接続機構を採用すれば、従来、アーク時間を最小にするため、またはアーク電圧を急速に大きくするために開極のスピードを高速にする機構が必要であったがこれが不要になるため、静粛、長寿命、小型化が可能になる。
- (4) 交流送電系統における負荷時タップ切り換え装置において、接点の無アークでのオ

10

20

30

40

50

ン、オフが可能になれば、タップ切り換えが高速化、多頻度化、長寿命化が期待できる。

【産業上の利用可能性】

【0030】

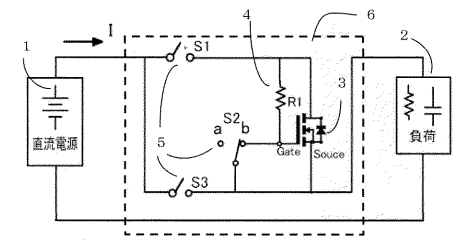
機械接点のオン抵抗の小さいこと、半導体スイッチをアーク無しに遮断できることを利用することによって、接続、解放することが困難だった直流電流を容易に脱直できるようになる。また、交流電流でも機械接点でアークなしに遮断することで、接点の寿命を延ばし、信頼性を上げることができる。

【符号の説明】

【0031】

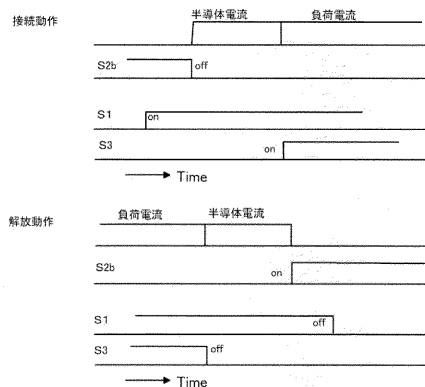
- 1：直流電源 2：負荷 3：Q1絶縁ゲート半導体スイッチ 4：高抵抗R1
- 5：スイッチ (S1：起動接点、S2：ゲート制御SW、S3：通電接点)
- 6：無アーク開閉・接続装置

【図1】



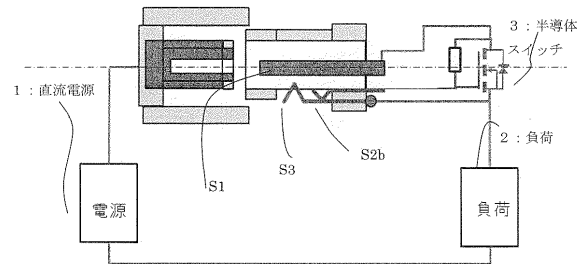
接続時のシーケンス S1オン→S2オン (b接点オフ) →S3オン
 解放時のシーケンス S3オフ→S2オフ (b接点オン) →S1オフ
 1：直流電源 2：負荷 3：Q1絶縁ゲート半導体スイッチ 4：高抵抗R1
 5：スイッチ (S1：起動接点、S2：ゲート制御SW、S3：通電接点)
 6：無アーク開閉・接続装置

【図2】

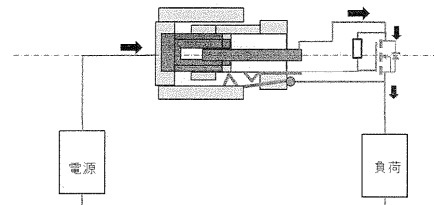


【図3】

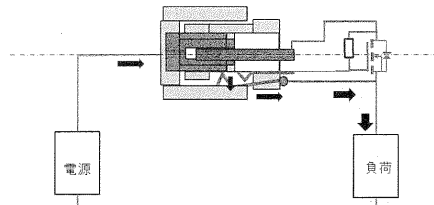
(1) DCプラグ接続前



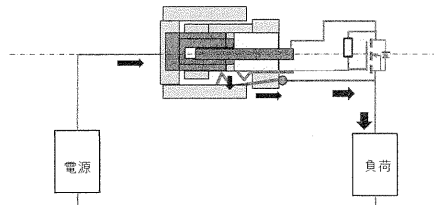
(2) S2bがオフになって、MOSFETが導通



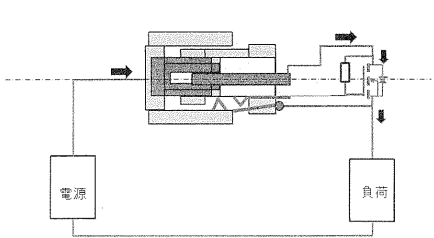
(3) S3がオンして、電流のほとんどはS3を流れて、導通完了



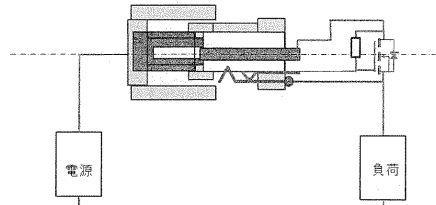
(4) 遮断動作開始、S3で導通している



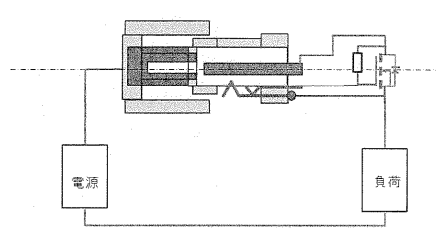
(5) S3がオフされてもMOSFETで導通している



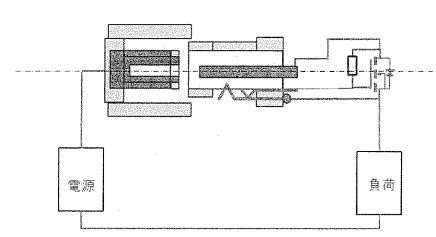
(6) MOSFETはS2bがオンすることでゲート電圧ゼロになって、電流が遮断される。



(7) S1もオフになって、遮断動作完了

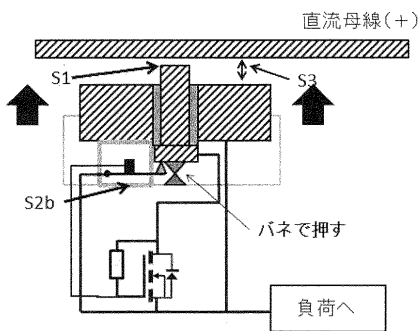


(8) 解放状態



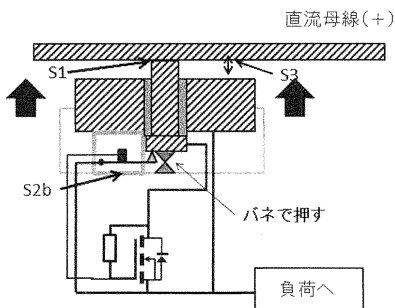
【図4】

(1) 解放状態の直流大電流の接続装置



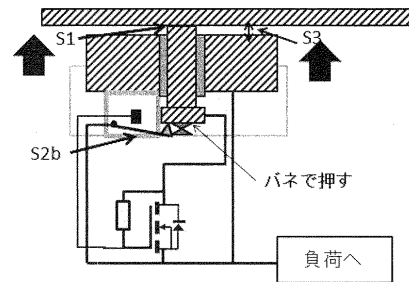
(2) 遮断・解放の説明図

S1が接触、S1がオン。



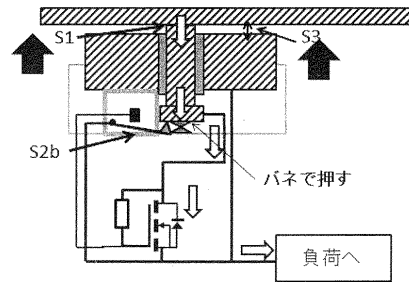
(3) 中心導体が押されてS2bが動作。

直流母線(+)

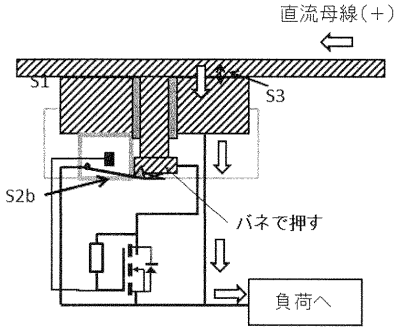


(4) S2bがオフされて、電流がMOSFETで流れます。

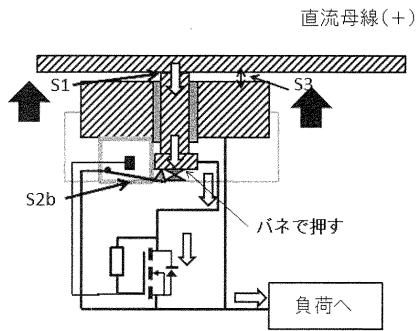
直流母線(+)



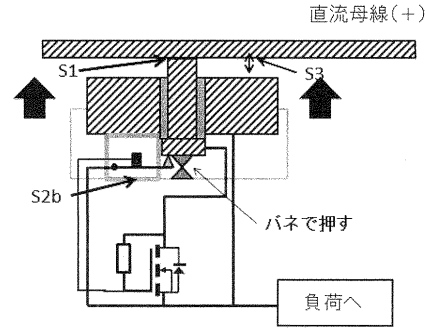
(5) S3が接触して、S3がオンで主電流がS3を流れる



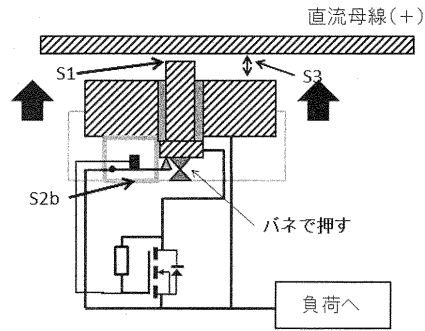
(6) 遮断の開始、S3がオフ、電流は半導体に移る



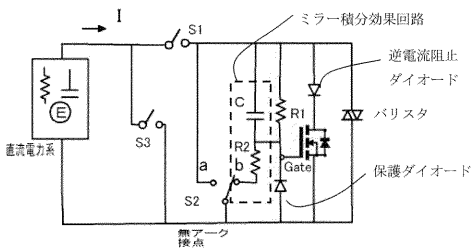
(7) さらに、接触子が母線から離れるとS2bがオンし、半導体スイッチがオフ。



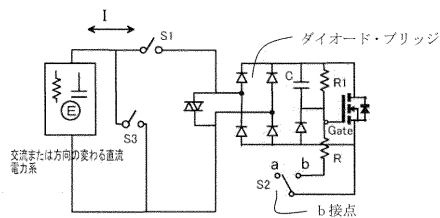
(8) 電流が流れなくなった状態で最後に中心導体S1がオフ、接触子が解放される。



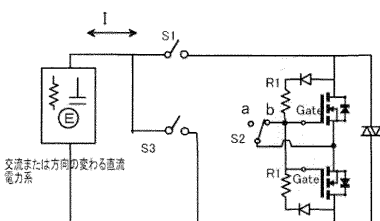
【図5】



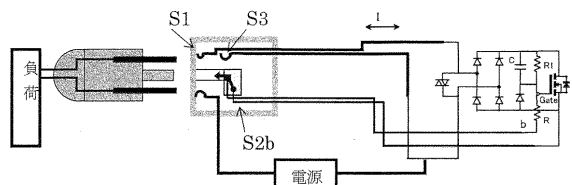
【図6】



【図7】

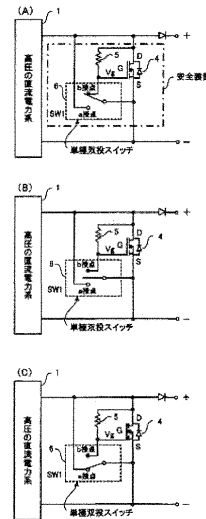


【図8】



【図9】

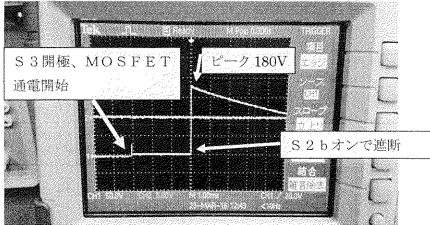
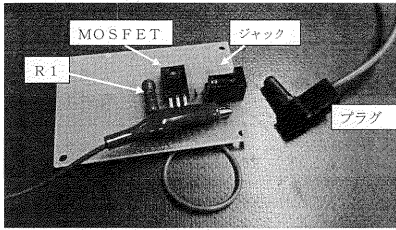
特許文献1の双投スイッチによる無アーク開閉器



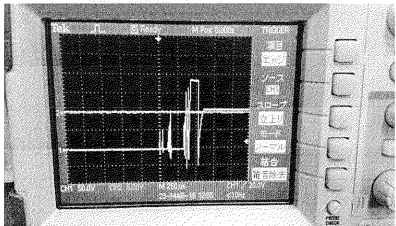
【図10】

実施例1の原理検証

DC電源プラグの試作写真と遮断時の極間電圧の波形をしめす。



遮断時の電極間電圧波形 50V/div 1ms/div



アーク遮断の電極間電圧波形 50V/div 250us/div