

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3896175号

(P3896175)

(45) 発行日 平成19年3月22日(2007.3.22)

(24) 登録日 平成18年12月22日(2006.12.22)

(51) Int. Cl.	F I	
HO2H 9/02 (2006.01)	HO2H 9/02	A
HO1H 87/00 (2006.01)	HO1H 87/00	
HO1C 7/13 (2006.01)	HO1C 7/13	

請求項の数 1 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願平8-146344	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成8年6月10日(1996.6.10)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開平9-168233		GENERAL ELECTRIC COMPANY
(43) 公開日	平成9年6月24日(1997.6.24)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデー、リバーロード、1番
審査請求日	平成15年6月9日(2003.6.9)		
(31) 優先権主張番号	08/514076	(74) 代理人	100093908
(32) 優先日	平成7年8月11日(1995.8.11)		弁理士 松本 研一
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
前置審査			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100137545
			弁理士 荒川 聡志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電流制限装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも2つの電極と、  
前記少なくとも2つの電極の間に配置された導電性複合材料であって、該導電性複合材料は、(A)800以下で熱分解または蒸発し、ガスが発生するバインダと、(B)導電性充填材を含んでいる前記導電性複合材料と、  
前記導電性複合材料に圧縮圧力を加える手段とを備え、  
短絡発生時において、前記導電性複合材料における断熱抵抗加熱が前記バインダの急速な熱膨張と蒸発を起こさせ、前記少なくとも2つの電極と前記導電性複合材料の間で少なくとも部分的な物理的分離が生じる、電流制限装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、一般に、配電やモータ制御用途などの一般的な回路保護に適切な装置に関し、特に、種々の用途に合わせて製造することが可能な、簡単で、再使用可能な、低コストの装置に関する。さらに詳しくは、本発明は、システム電圧が100V以上で短絡電流が100A以上の比較的大電力の用途に適した、導電性複合材料および不均質な抵抗分布構造を用いる電流制限装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

10

20

短絡が起こったときに回路に流れる電流を制限することができる装置は多数ある。現在用いられている電流制限装置には、通常 P T C R (正の抵抗温度係数) または P T C 効果と呼ばれる効果を有する充填材入りポリマー材料を含むものがある。P T C R または P T C 効果の特質として、ある特定のスイッチ温度で、P T C R 材料が比較的導電性から比較的抵抗性への変態を生じる。従来の電流制限装置の中には、P T C R 材料(代表的にはカーボンブラック充填ポリエチレン)を加圧接触電極間に配置しているものがある。

#### 【0003】

使用時には、このような従来の電流制限装置は、保護すべき回路に配置される。正常な回路条件下では、電流制限装置は高導電性状態にある。短絡が起こったとき、P T C R 材料は抵抗加熱により発熱し、ついには温度がスイッチ温度を越える。この時点で、P T C R 材料の抵抗が高抵抗状態に変わり、短絡電流が制限される。短絡状態がなくなると、電流制限装置はスイッチ温度以下まで冷却して、高導電性状態に戻る。高導電性状態の電流制限装置は、将来の短絡発生に应答して再び高抵抗状態に切りかわることができる。

10

#### 【0004】

米国特許第 5, 382, 938 号に、正の温度係数の抵抗率を有する導電性ポリマー組成物の本体と、該本体を通して電流を流すために本体の 2 つの平行な端面と接触して配置された 2 つの電極とを備える P T C 素子が記載されている。本体のポリマー組成物は、ポリマー材料に導電性粉末材料を分布させたものである。用語「P T C 素子」は、米国特許第 5, 382, 938 号の第 1 図に示されているように、スイッチ温度で正の抵抗温度係数を示す素子についての用語として認められている。本体の平行な表面の少なくとも一方は、電極と、あるいは導電性ポリマー組成物の別の本体の平行な表面と自由接触関係にある。加圧装置により、本体(1つまたは複数)の平行な表面に垂直な方向に圧力を電極に対して加える。可圧装置には、弾性能力を有する圧力印加装置を設けるのが好ましい。P T C 素子は、低抵抗状態から高抵抗状態に変化した後、初期抵抗に復帰するので、短絡電流を受けた後でも再利用できる。ポリマー組成物の本体(1つまたは複数)の平行な表面は同心とするのがよい。P T C 素子は電気回路に過電流保護の目的で使用される。

20

#### 【0005】

米国特許第 5, 313, 184 号に、抵抗器本体を 2 つの接触端子間に配置してなる電気抵抗器が記載されている。この抵抗器コアは P T C 挙動を示す素子を含み、この素子は、材料に特有の温度以下で、2 つの接触端子間に導電通路を形成する。抵抗器は簡単かつ安価とすることができるが、それでも局部的過電圧および全体的過電圧に対して保護された高定格の電流導通容量を有する。このことは、抵抗器コアにバリスタ挙動を呈する材料を追加含有させることにより達成される。バリスタ材料は、少なくとも 1 つのバリスタを形成するように導電通路の少なくとも 1 つのサブセクションと並列に接続され、かつ該少なくとも 1 つのサブセクションを形成する P T C 材料の部分と電気的に密着関係に置かれる。P T C 挙動を有する素子とバリスタとの並列接続は、ミクロな構成およびマクロな配置の両方により実現することができる。

30

#### 【0006】

欧州特許 0, 640, 995 A 1 には、2 つの平行な平面電極間に配置された、P T C 特性を有する抵抗材料を含み、両電極に圧力を加えるようにした電気抵抗素子が記載されている。抵抗材料は、導電性粒子からなる 2 種の充填成分をポリマー母材に埋設して構成される。短絡電流が生じた場合、電極に接して、2 種の充填成分の内の少なくとも第 1 充填成分を含有する表面層において、抵抗材料の抵抗率が制限温度値以上でステップ状すなわち階段状に変化する。2 種の充填成分の内の第 2 充填成分を適切に選択して、少なくともポリマー母材と第 2 充填成分を含有する複合材料が、表面層より 1 桁以上大きい階段状変化特性を持つ P T C 特性を示すようにする。同時に、この複合材料の抵抗率は、ポリマー母材と第 1 充填成分から形成される複合材料より 1 桁以上低い。

40

#### 【0007】

上述の方策はすべて P T C 挙動を利用して、一層簡単で一層耐久性の高い電流制限装置を得ようとしたものであるが、配電およびモータ制御用途における全般的回路保護に適して

50

いて、種々の用途に合わせて製作することが可能な、更に簡単で、更に耐久性が高く、再使用可能な、低コストの電流制限装置が依然として必要とされている。このような装置は、回路を少なくとも2回の短絡、好ましくは多数回の短絡から保護すること、材料がPTCR効果を示すことを必要としないこと、そして100 - 500ボルトまたはそれ以上の高電圧で使用できることが、要求される。

#### 【0008】

##### 【発明の概要】

電流制限装置は、多くの用途において、電気回路内の敏感な構成要素を大きな故障電流から保護する目的で使用される。用途は、低電圧/電流回路から高電圧/電流配電システムにまで及び。本発明は、種々の用途に合わせて製作することができる、簡単で、再使用可能な、低コストの電流制限装置を提供する。

10

#### 【0009】

本発明によれば、PTC効果を持たない、導電性充填材を含有する導電性複合材料と、前記複合材料に対して作動的に配置された少なくとも2つの電極と、外側電極間に作動的に配置された不均質な抵抗分布と、前記導電性複合材料に圧縮圧力を加える手段とを備える電流制限装置が提供される。

したがって、本発明の目的は、なんらPTC効果を示さない材料からなる電流制限装置を提供することにある。

#### 【0010】

本発明の他の目的や効果は、図面を参照にした以下の詳細な説明から明らかになる。

20

#### 【0011】

##### 【詳しい説明】

本発明の電流制限装置は、熱分解温度または蒸発温度の低いバインダと導電性充填材を含む複合材料を、不均質な抵抗分布構造と組み合わせて使用する。バインダは、低温(< 800°C)で有意なガス発生が起こるようなものを選ぶ必要がある。不均質な抵抗分布構造は、代表的には、電流制限装置の少なくとも1つの薄層が電流制限装置の残部よりはるかに高い抵抗をもつように選ばれる。

#### 【0012】

理論に縛られるつもりはないが、本発明のすぐれた効果が得られるのは、短絡が生じているときに、この薄層の断熱抵抗加熱に続いて、急速な熱膨張が生じると共にバインダ材料からガスが発生することにより、上記薄層の所で電流制限装置の部分的または完全な物理的分離が生じ、この結果、電流に対して装置全体の抵抗がより大きくなるためである、と考えられる。こうして、電流制限装置は短絡電流通路に流れる電流を制限する。外部手段により短絡が除かれたとき、電流制限装置は、電流制限装置に組込まれた圧縮圧力により、低抵抗状態に戻って、電流を平常に流れさせることができるようになる。本発明の電流制限装置は、特に各短絡の過酷さや長さのような要因にもよるが、このような短絡条件に対して多数回再使用することができる。

30

#### 【0013】

本発明をさらに明瞭にするために、以下に好適な実施態様と実施例を説明するが、これらの実施例は本発明の使用例を示しているにすぎない。本発明の1実施態様によれば、導電性複合材料を用いて、装置全体に不均質な抵抗分布が生じるように、電流制限装置を構成する。この装置が再使用可能な電流制限装置として適切に働くためには、電流制限装置の少なくとも1つの薄層を電流の流れ方向に直角に位置し、装置内の同じ寸法および配向の平均層の平均抵抗よりはるかに大きな抵抗をもつようにして、不均質な抵抗分布を形成しなければならない。さらに、電流制限装置は、選ばれた高抵抗薄層に垂直な方向に圧縮圧力をかけなければならない。

40

#### 【0014】

本発明による電流制限装置の1例では、熱分解温度の低いバインダおよび導電性充填材を有する高導電性複合材料を電極に圧接して、複合材料と電極(片方または両方)との間に有意な接触抵抗があるようにする。使用時には、電流制限装置を、保護すべき電気回路と

50

直列に配置する。正常作動中は、電流制限装置の抵抗は低い（この例では、電流制限装置の抵抗は、高導電性複合材料の抵抗と電極の抵抗と接触抵抗との和に等しい）。短絡が起こると、高電流密度の電流が装置に流れ始める。短絡の初期段階では、装置の抵抗加熱が断熱的であると考えられる。したがって、電流制限装置の抵抗の大きい選ばれた薄層は電流制限装置の残部よりはるかに速く発熱すると考えられる。薄層が適切に設計されていれば、この薄層が十分急速に発熱し、薄層の熱膨張および/または薄層からのガス発生により、薄層の所で電流制限装置内に分離が生じると考えられる。

#### 【0015】

代表的な電流制限装置においては、複合材料の蒸発および/またはアブレーション (ablation) により電極が複合材料から離れると考えられる。この分離状態で、複合材料のアブレーションが起こり、電流制限装置の分離された層間にアークが発生すると考えられる。しかし、分離状態での全抵抗は非分離状態での抵抗よりはるかに大きい。この大きなアーク抵抗は、複合材料のバインダからのガス発生により界面に発生した高い圧力とガスの消イオン特性とが組み合わさるためであると考えられる。いずれにしても、本発明の電流制限装置は、回路の他の構成要素が短絡により破壊されないように、短絡電流を制限するのに有効である。

10

#### 【0016】

短絡電流を遮断した後、本発明の電流制限装置は、適切に設計されていれば、圧縮圧力が分離された層を互いに押し付けるように作用するため、非分離状態に戻る、つまり復旧すると考えられる。ひとたび電流制限装置の複数の層が非分離状態、すなわち低抵抗状態に戻ってしまえば、電流制限装置は、将来他の短絡導体に応答して電流制限作用を行うのに完全な準備ができた状態にある。

20

#### 【0017】

本発明の別の実施態様の電流制限装置は、抵抗器、バリスタまたは他の直線性または非直線性素子を含む並列電流通路を用いて、特定の回路において電流制限装置の両端間に現れ得る最大電圧を制御し、或いは回路エネルギーの一部を通ず別の通路を形成して電流制限装置の有効な寿命を延長するように構成することができる。

#### 【0018】

##### [実施例1]

本発明の効果を実証するために、図1に示すような電流制限装置を作製した。導電性複合材料は、バインダ材料としてのエラストマ、たとえばシリコーンエラストマと、充填材としての金属、たとえば銀とからなり、その抵抗率は約  $0.004 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$  であった。銀充填硬化性シリコーン材料 (エラストマ) を、2成分AおよびBを混合することにより製造した。成分Aは、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が  $25^\circ\text{C}$  で  $400 \text{ cps}$  であるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体 ( $23 \text{ g}$ ) と、アメス・ゴールドスミス社 (Ames Goldsmith Corp.) から市販されている銀粒子である  $\text{Ag } 4300$  ( $46.6 \text{ g}$ )、 $\text{Ag } 1036$  ( $37.3 \text{ g}$ ) および  $\text{Ag } 1024$  ( $37.3 \text{ g}$ ) と、珪素に結合した化学結合水素約  $0.8$  重量%を有する流体を与えるように末端トリメチルシロキシ単位を有するシリコーンハイドライドシロキサン流体 ( $1 \text{ g}$ ) とから構成した。成分Bは、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が  $400 \text{ cps}$  であるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体 ( $2 \text{ g}$ ) と、ジメチルマレエート ( $14 \mu\text{l}$ ) と、クラステッド (Karstedt) 白金触媒 (白金の  $5\%$  キシレン溶液として  $83 \mu\text{l}$ ) (詳しくは、米国特許第  $3,775,452$  号参照) とから構成した。成分A ( $40 \text{ g}$ ) と成分B ( $0.44 \text{ g}$ ) を混合して、モールドに注入した後、カーバー (Carver) プレスで  $150^\circ\text{C}$ 、圧力  $5000$  ポンドにて  $30$  分間硬化させた。

30

40

#### 【0019】

電極をニッケル電気メッキ銅から作製し、複合材料に圧接させた。なお、導電性複合材料も電極材料も PTCR スイッチング効果を示さない。電極は直径約  $1/4$  インチであった。これらの電極を、直径  $3/4$  インチ、厚さ約  $1/8$  インチの複合材料の中心に配置した

50

。両電極間に約 3.7 kg の力を加えて圧力を加えた（圧力は約 170 psi となった）。本例の電流制限装置は、装置に約 30 A 未満の電流を流したとき、約 0.06 の抵抗値を有する簡単な抵抗器として機能した。

#### 【0020】

図 2 に、短絡条件のシミュレーションに用いた電圧パルスを示す。電圧は、最初の約 1 ミリ秒の間、正常回路動作をシミュレーションするために約 2.5 V である。つぎに電圧は、短絡条件のシミュレーションのために、約 3 ミリ秒の間、約 100 V にジャンプする。次に電圧は、短絡の是正のシミュレーションのために約 4 ミリ秒で約 2.5 V まで降下する。

#### 【0021】

図 3 に、図 2 に示す電圧パルスを電流制限装置に印加したときに、電流制限装置に流れる電流と同装置の両端間に現れる電圧を示す。

図 4 は、図 3 の短絡のシミュレーションの初期部分の拡大図である。電圧が約 100 V に跳ね上がるとき、電流が約 190 A に跳ね上がり、次いで急激に約 1 A の低い値まで降下し、その後パルスの残りの期間その低い値に留まる。したがって、電流は約 1667 A（ $100\text{ V} / 0.06$ ）の予測値から 1 A 以下の値に制限されている。

#### 【0022】

図 5 は電流制限装置の抵抗を時間の関数として示すグラフである。約 100 V のパルスがサンプルの電流制限装置に印加されたとき、抵抗が 3000 倍以上変化することがわかる。このパルス試験の終了後、電流制限装置の抵抗が約 0.06 の初期値に戻った（30 A の電流プローブを用いて測定した）。したがって、本電流制限装置は次の電流制限動作を待つ準備ができています。実際、この電流制限装置に、さらに 3 回の電流制限動作を行わせたところ、いかなる種類の故障も生じなかった。材料および電極両方の損傷の程度が低かったため、この電流制限装置がこれ以上多くの回数で働かないと考える理由は認められない。

#### 【0023】

##### [実施例 2]

好適な導電性複合材料を用いて本発明に従って構成した別の電流制限装置の例の動作特性を図 6 乃至 9 に示す。本例では、図 1 に示す電流制限装置構造を使用し、複合材料は、熱硬化性バインダ、たとえばエポキシ・テクノロジー社（Epoxy - Technology Inc.）から商品名 N30 として市販されているエポキシバインダと、導電性充填材としての金属、たとえばニッケル粉末とからなる。この複合材料は抵抗率が約 0.02 乃至 0.03 - cm で、PTCR 効果を示さない。物理的には、本例の装置では、直径約 1/4 インチのニッケル電気メッキ銅電極を使用し、これらを直径 3/4 インチ、厚さ約 1/8 インチの複合材料の中心に配置した。両電極間に約 8.2 kg の力を加えて圧力を加えた（圧力は約 370 psi となった）。本例の電流制限装置は、装置に約 30 A 未満の電流を流したとき、約 0.1 の抵抗値を有する簡単な抵抗器として機能した。

#### 【0024】

図 6 に、短絡条件をシミュレーションするために約 500 V の電圧パルスを電流制限装置に印加したときの、電流制限装置に流れる電流と同装置両端間に現れる電圧を示す。0 秒での印加電圧パルスの開始時に、電流は約 200 A に上昇し、ついでその値を約 1.2 ミリ秒維持する。この約 200 A の初期電流値は、この試験に用いた電圧パルス装置の出力能力により制限された。この装置の制約のため、電圧はこの初期の 1.2 ミリ秒の間に 500 V に達しない。しかし、この初期の 1.2 ミリ秒の間に、電流制限装置の電圧は、電流制限装置が高抵抗状態に移行するにつれて上昇する。1.2 ミリ秒後、電流制限装置が高抵抗状態に達するので、電流制限装置の作用により電流は約 50 A より低い値に下がり、電流制限装置の両端間の測定電圧は最大 500 V であった。装置の電圧を 14 ミリ秒後に停止するまで、電流は約 50 A より低いレベルに留まった。

#### 【0025】

図 7 に、電圧波形を電流波形で割ることにより、図 6 に示すデータから得られた電流制限

10

20

30

40

50

装置の抵抗を示す。なお、電圧パルスの開始時に、抵抗は約0.1であり、抵抗は約1.2ミリ秒後に約10より高い値まで上昇し、電圧パルスを14ミリ秒で停止するまで、この高抵抗状態を維持した。このように電流制限が実際に示された後、この電流制限装置が低電流(<30A)条件下で初期の低抵抗値0.1に回復したことが実証された。この電流制限装置が再使用可能な限流器として機能し得ることを証明するために、この試験順序を同じ装置で繰り返したところ、500V短絡シミュレーション電圧パルスで合計3回の動作に成功した。

#### 【0026】

図3乃至7に示した実施例は、本発明の電流制限装置が、PTCR効果を有する材料を用いなくても、直流(DC)回路における短絡時に電流を効果的に制限できることを実証している。

10

図8は、本発明の電流制限装置が、交流(AC)回路用の再使用可能な電流制限装置としても使用できることを示す。図8に示す実験に使用した電流制限装置は、材料、構成ともに、直流(DC)回路用の先の実施例で用いた装置と同一である。低電流(<30A)パルスを用いて測定した電流制限装置の初期抵抗は約0.1であった。

#### 【0027】

図8は、電流制限装置に振幅約370Vで60HzのAC電圧パルスを約150ミリ秒の間印加したときの、電流および電圧波形を示す。ACパルスを閉成移相角約120°で約40ミリ秒の間印加した。なお、電流は約+100Aの値まで増加し、ついで減少し、電圧が0Vを横切るときに0Aを横切り、次いで約-100Aの値まで(絶対値として)増加した。その後、電圧の絶対値は上昇し続けたにもかかわらず、電流の絶対値は、電流制限装置の作用により約2A未満のレベルに下がった。ついで、約195ミリ秒の間、AC電圧を+370Vと-370Vとの間で振動させ続けたとき、電流の絶対値は約2A未満のレベルに留まった。その後、この電圧パルスを停止した。したがって、電流制限装置は185より大きい抵抗値の高抵抗状態を達成した。

20

#### 【0028】

このように電流制限が実際に示された後、この電流制限装置が低電流(<30A)条件下で初期の低抵抗値0.1に回復したことが実証された。この電流制限装置が再使用可能な電流制限装置として機能し得ることを証明するために、この試験順序を同じ370VのAC電圧パルスでもう一度繰り返したところ、成功した。

30

#### 【0029】

本発明の電流制限装置は、(フューズとは異なり)2度以上機能すること、接触抵抗に基づく界面での加熱により動作開始すること、有機バインダのような低い熱分解/分解/アブレーション温度(<800°C)のバインダと導電性充填材を必要とすること、金属および/または半導体電極と圧力下で組み合わせられること、材料がPTCR効果を呈することを必要としないこと、ACおよびDC電圧/電流波形を制限する作用を有すること、500Vまでの電圧について試験されていること(上限は現在のところ不明)、電極を材料に一体的に取り付けるか簡単に圧力接触(圧接)できることが、当業者に明らかである。

#### 【0030】

以下の実施例で、実際に行った実験を報告する。これらの実施例は、種々のバインダ材料、導電性充填材料、必要に応じて第3相充填材料および電極材料を使用し、シミュレーションの短絡電流を前述したのと同様の態様で制限した点ですべて有効であった。以下の実験はすべて、図1の基本的な電流制限装置形状を用いて行った。しかしながら、本発明は、図1に示す単一の複合材料と2電極の組合せに限定されず、複数の複合材料と3つ以上の電極の組合せを包含する。

40

#### 【0031】

##### [実施例3]

導電性充填材として金属、具体的には銀を含有した、熱硬化性バインダ、具体的にはエポキシバインダを、次のように、アメス・ゴールドスミス社(Ames Goldsmith

50

Corp.) から市販されている銀粒子である Ag 4300 (5.6 g)、Ag 1036 (4.2 g) および Ag 1024 (4.2 g) と、ポキシ・テクノロジー社 (Epoxy - Technology Inc.) から商品名エポテック 301 (Epotek 301) として市販されている 2 成分エポキシを用いて用意した。エポキシ樹脂 (2.3 g) を硬化剤 (0.6 g) と混合し、ついで銀粒子を加え、混合物をテフロン (Teflon: 登録商標) のモールド内に配置し、60 °C で 1 時間硬化した。Ni 被覆 Cu で電極を形成した。

【0032】

[実施例 4]

導電性充填材として金属、具体的には銀を含有した、熱硬化性バインダ、具体的にはエポキシバインダを、ナショナル・スターチ・アンド・ケミカル社 (National Starch and Chemical Company) のエイブルスティック・エレクトロニック・マテリアルズ・アンド・アドヘシブズ事業部 (Ablestik Electronic Materials & Adhesives) から商品名エイブルボンド (Ablebond) 967-1 として市販されているの導電性接着材料を用いて用意した。混合物をテフロンのモールドに入れて、80 °C で 2 時間硬化した。Ni 被覆 Cu で電極を形成した。

10

【0033】

[実施例 5]

導電性充填材として金属、具体的にはニッケルを含有した、熱硬化性バインダ、具体的にはエポキシバインダを、エポキシ・テクノロジー社 (Epoxy - Technology Inc.) から商品名エポテック (Epotek) N30 として市販されている導電性接着材料を用いて用意した。混合物をテフロンのモールドに入れて、150 °C で約 1 時間硬化した。この特定の導電性複合材料用い、且つそれぞれ別々の Ni 被覆 Cu、ステンレス鋼、Ag 被覆 Cu および Cu 製の電極を有する電流制限装置を試験した。

20

【0034】

[実施例 6]

導電性充填材として 2 成分金属導電充填材、具体的には銀とアルミニウムを含有した、エラストマバインダ、具体的にはシリコーンバインダを、2 成分 A および B を混合することにより製造した。成分 A は、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が 400 cps であるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体 (23 g) と、アルミニウム粉末 (37.3 g) と、アメス・ゴールドスミス社から市販の銀粒子である Ag 4300 (46.6 g)、Ag 1036 (37.3 g) および Ag 1024 (37.3 g) と、珪素に結合した化学結合水素約 0.8 重量% を有する流体を与えるように末端トリメチルシロキシ単位を有するシリコーンハイドライドシロキサン流体 (1 g) とから構成した。成分 B は、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が 400 cps であるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体 (2 g) と、ジメチルマレエート (14 μl) と、カーステッド (Karstedt) 白金触媒 (前掲、白金の 5% キシレン溶液として 83 μl) とから構成した。成分 A (40 g) と成分 B (0.44 g) を混合し、モールドに注入した後、カーバー (Carver) プレスで約 150 °C、圧力約 5000 ポンドにて約 30 分間硬化させた。この例では、電極を Ni 被覆 Cu または n 型 Si 半導体で形成した。

30

40

【0035】

[実施例 7]

導電性充填材として金属、具体的には銀のみを含有した、エラストマバインダ、具体的にはシリコーンバインダを、2 成分 A および B を混合することにより製造した。成分 A は、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が 400 cps であるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体 (23 g) と、アメス・ゴールドスミス社から市販の銀粒子である Ag 4300 (46.6 g)、Ag 1036 (37.3 g) および Ag 1024 (37.3 g) と、珪素に結合した化学結合水素約 0.8 重量% を有

50

する流体を与えるように末端トリメチルシロキシ単位を有するシリコーンハイドライドシロキサン流体(1g)とから構成した。成分Bは、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が400cpsであるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体(2g)と、ジメチルマレエート(14 $\mu$ l)と、カーステッド白金触媒(前掲、白金の5%キシレン溶液として83 $\mu$ l)とから構成した。成分A(40g)と成分B(0.44g)を混合し、モールドに注入した後、カーブプレスで150°C、圧力5000ポンドにて30分間硬化させた。この例では、電極をNi被覆Cuで形成した。

#### 【0036】

##### [実施例8]

エラストマバインダ、具体的には銀充填硬化性シリコーンを、2成分AおよびBを混合することにより製造した。成分Aは、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が400cpsであるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体(33g)と、アレス・ゴールドスミス社から市販の銀粒子であるAg4300(46.6g)、Ag1036(37.3g)およびAg1024(37.3g)と、ミノシル(Minusil)の石英(23g)と、珪素に結合した化学結合水素約0.8重量%を有する流体を与えるように末端トリメチルシロキシ単位を有するシリコーンハイドライドシロキサン流体(2g)とから構成した。成分Bは、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が400cpsであるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体(10g)と、ジメチルマレエート(70 $\mu$ l)と、カーステッド白金触媒(前掲、白金の5%キシレン溶液として415 $\mu$ l)とから構成した。成分A(40g)と成分B(0.5g)を混合し、モールドに注入した後、カーブプレスで約150°C、圧力約5000ポンドにて約30分間硬化させた。この例では、電極をNi被覆Cuで形成した。

#### 【0037】

##### [実施例9]

導電性充填材として2種の金属、具体的には銀とアルミニウムを含有した、強化エラストマバインダ、具体的にはフュームドシリカで補強した硬化性シリコーンを、2成分AおよびBから製造した。成分Aは、エラストマバインダ、すなわち末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が400cpsであるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体(23g)と、珪素に結合した化学結合水素約0.8重量%を有する流体を与えるように末端トリメチルシロキシ単位を有するシリコーンハイドライドシロキサン流体(2g)と、シクロオクタメチルテトラシロキサンおよびヘキサメチルジシラザンで処理した比表面積300m<sup>2</sup>/gの二重処理フュームドシリカ(1.2g)と、アルミニウム粉末(37.3g)と、アレス・ゴールドスミス社から市販の銀粒子であるAg4300(46.6g)、Ag1036(37.3g)およびAg1024(37.3g)とから構成した。成分Bは、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が400cpsであるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体(2g)と、ジメチルマレエート(14 $\mu$ l)と、カーステッド白金触媒(前掲、83 $\mu$ l)とから構成した。成分A(40g)と成分B(0.44g)を合わせ、手で混合して硬化性組成物を得、これをモールドに入れた。カーブプレスで150°C、圧力5000ポンドにて30分間硬化させた。この例では、電極をNi被覆Cuで形成した。

#### 【0038】

##### [実施例10]

エラストマバインダ、具体的にはニッケル充填シリコーンを、2成分AおよびBから製造した。成分Aは、末端ジメチルビニルシロキシ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が400cpsであるビニルシリコーンオルガノポリシロキサン流体(25g)と、INCOタイプ123のニッケル粉末(100g)と、珪素に結合した化学結合水素約0.8重量%を有する流体を与えるように末端トリメチルシロキシ単位を有するシリコーンハイドライドシロキサン流体(2g)とから構成した。成分Bは、末端ジメチルビニルシロキ

10

20

30

40

50

シ単位とジメチルシロキシ単位を有し、粘度が400cpsであるビニルシリコンオルガノポリシロキサン流体(10g)と、ジメチルマレエート(70 $\mu$ l)と、カーステッド白金触媒(白金の5%キシレン溶液として415 $\mu$ l)とから構成した。成分A(40g)と成分B(0.5g)を混合し、モールドに注入した後、カーブプレスで150°C、圧力5000ポンドにて30分間硬化させた。この例では、電極をNi被覆Cuで形成した。

#### 【0039】

##### [実施例11]

半導電性充填材、具体的にはカーボンブラックを含有する熱可塑性バインダ、具体的にはポリテトラフルオロエチレンバインダの市販品を入手した。すなわちダブリュ・エル・ゴア・アンド・アソシエイツ社(W. L. Gore & Associates, Inc.)から商品名GS-2100-080-5000-SCとして市販の導電性フッ素ポリマーを、Ni被覆Cuの電極とともに使用した。

10

##### [実施例12]

さらに、導電性充填材として金属、具体的には銀を含有した、熱可塑性バインダ、具体的にはポリ(エチレングリコール)を製造した。アメス・ゴールドスミス社から市販の銀粒子であるAg4300(2.8g)、Ag1036(2.1g)およびAg1024(2.1g)からなる銀粒子混合物を約80°Cに加熱し、約80°Cの熔融ポリ(エチレングリコール)(MW8000)に加え、混合した。この材料をテフロン製のモールドに注入し、室温で硬化させた。この例では電極をNi被覆Cuから形成した。

20

#### 【0040】

上述した実施例について、電流制限装置として試験する場合、電極を導電性複合材料に対して約6乃至約370psiの範囲の圧力でプレスした。具体的には、実施例3、4、6、7および11では約170psiの圧力を用い、実施例5、8および10では約370psiの圧力を、実施例9および12では約6psiの圧力を用いた。上記圧力範囲を実際にテストしたが、本発明の装置はそれより高い圧力でも低い圧力でも適正な性能を示す可能性がある。

#### 【0041】

上述したところから明らかなように、低い熱分解温度または蒸発温度(<800°C)を有するバインダ材料、たとえば熱可塑性樹脂(たとえばポリテトラフルオロエチレン、ポリ(エチレングリコール)、ポリエチレン、ポリカーボネート、ポリイミド、ポリアミド、ポリメチルメタクリレート、ポリエステルなど);熱硬化性樹脂(たとえばエポキシ、ポリエステル、ポリウレタン、フェノール、アルキッドなど);エラストマ(たとえばシリコン(ポリオルガノシロキサン)、ポリウレタン、イソプレングム、ネオプレンなど);有機または無機結晶を、粒子または発泡体形態の導電性充填材、たとえば金属(たとえばニッケル、銀、銅など)または半導体(たとえばカーボンブラック、二酸化チタンなど)と組合せ、金属または半導体電極をその導電性複合材料に圧接したのも、本発明の電流制限装置として有効な性能を発揮する。

30

#### 【0042】

複合材料の特性、たとえば機械的特性や誘電特性を向上させるために、あるいは消弧特性や難燃性を与えるために、第3相充填材を使用することができる。複合材料に第3相充填材として使用することのできる材料としては、フュードシリカなどの補強用充填材や、沈降シリカなどの増量用充填材から選ばれる充填材、またはこれらの混合物がある。他の充填材として、二酸化チタン、リトポン、酸化亜鉛、珪藻珪酸塩、シリカエーロゲル、酸化鉄、珪藻土、炭酸カルシウム、シラザン処理シリカ、シリコン処理シリカ、ガラス繊維、酸化マグネシウム、酸化クロム、酸化ジルコニウム、石英、焼成クレー、炭素、グラファイト、コルク、綿、重炭酸ナトリウム、ほう酸、アルミナ水和物などがある。他の添加剤としては、電流制限装置へのダメージ、たとえば突然の衝撃による亀裂発生を防止する耐衝撃性向上剤、電流制限装置における火炎形成を防止および/または阻止する難燃剤、ユーザの要求に応じて特定の色成分を与える染料および着色剤、日光その他の紫外

40

50

線にさらされることによる物理的特性の低下を防止するUV遮断剤などが上げられる。

【0043】

最後に、本発明の限流器は並列な線形または非線形回路素子、たとえば抵抗器またはバリスタとともに用いることができる。

本明細書やここに開示した発明の実施態様を参照すれば、本発明の他の実施態様も当業者には明らかである。以上の説明も実施例も本発明の例示にすぎず、本発明の範囲は特許請求の範囲に記載の通りである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による電流制限装置の概略構成図である。

【図2】短絡条件のシミュレーションに用いる電圧パルスを示すグラフである。

【図3】図2に示すような電圧パルスを図1の電流制限装置に印加したときの、電流制限装置に流れる電流および電流制限装置両端間の電圧を示すグラフである。

【図4】シミュレーションにより短絡した電流制限装置の電流および電圧の初期部分を示すグラフである。

【図5】図1の電流制限装置の抵抗を時間の関数として示すグラフである。

【図6】ニッケル充填エポキシ材料を導電性複合材料として用いて製造した図1の電流制限装置について、短絡条件をシミュレーションした約500ボルトの電圧パルスを印加したときの、電流制限装置に流れる電流と電流制限装置両端間の電圧を示すグラフである。

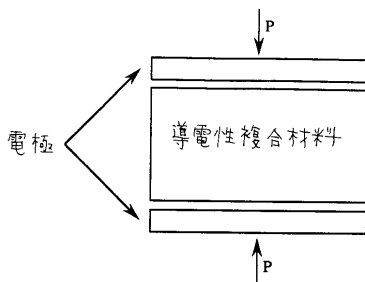
【図7】電圧波形を電流波形で割ることにより図6のデータから得られる図1の電流制限装置の抵抗を示すグラフである。

【図8】振幅約370V、60HzのAC電圧パルスを150ミリ秒の間、図1の電流制限装置に印加したときの電流および電圧波形を示すグラフである。

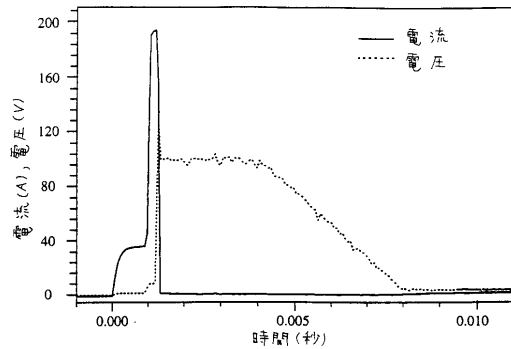
10

20

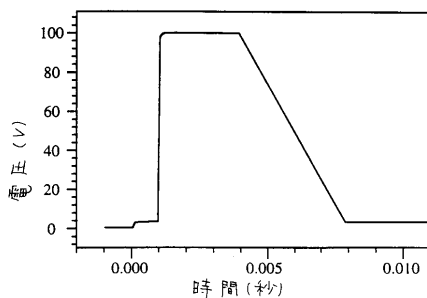
【図1】



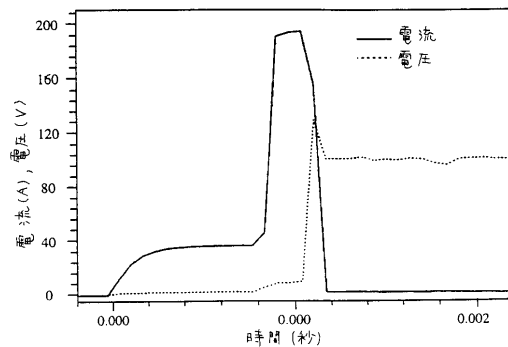
【図3】



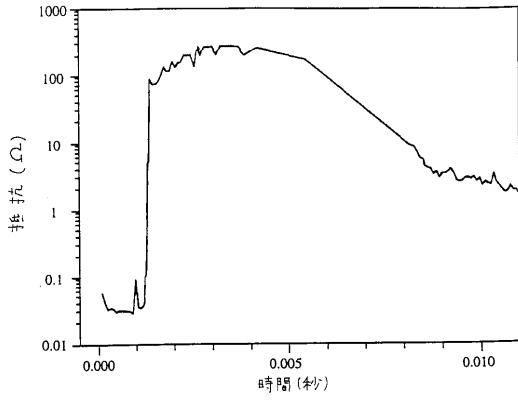
【図2】



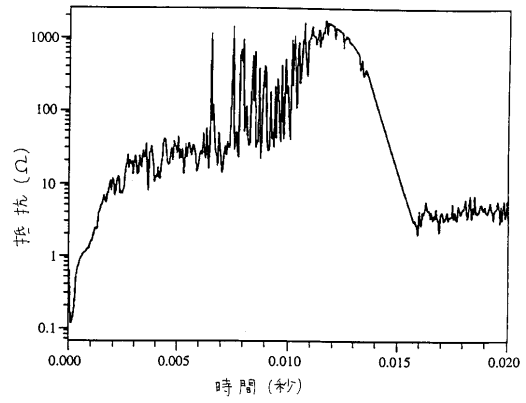
【図4】



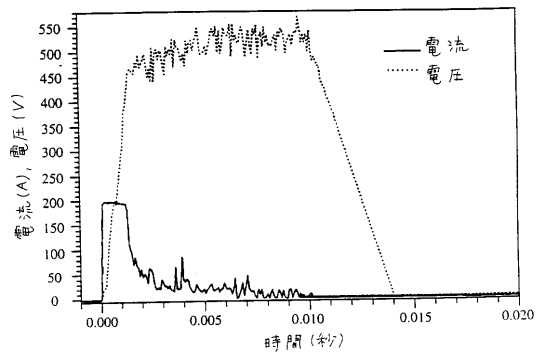
【 図 5 】



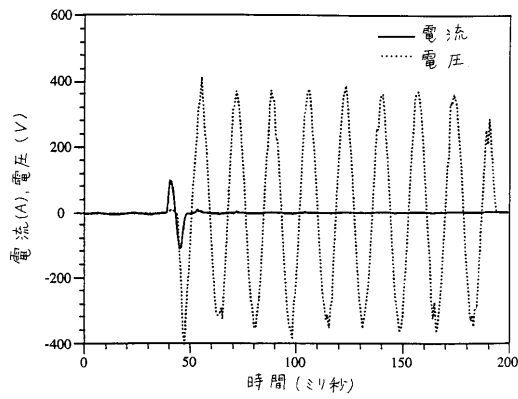
【 図 7 】



【 図 6 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 アニル・ラージュ・ドゥガル  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ノース・カントリー・クラブ・ドライブ、111  
4番
- (72)発明者 ライオネル・モンティ・レビンソン  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデー、リンダ・レーン、1番
- (72)発明者 ハロルド・ジェイ・パッチェン  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、バート・ヒルズ、レイク・ヒル・ロード、123番
- (72)発明者 ラリー・ニール・ルイス  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコティア、ハービスト・ドライブ、7番

審査官 小曳 満昭

- (56)参考文献 特開平01-225031(JP,A)  
特開昭64-074703(JP,A)  
特開昭58-028803(JP,A)  
独国特許出願公開第4330607(DE,A1)  
欧州特許出願公開第0640995(EP,A2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02H 9/00-9/08  
H01C 7/02-7/22  
H01H 87/00