

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4212151号  
(P4212151)

(45) 発行日 平成21年1月21日(2009.1.21)

(24) 登録日 平成20年11月7日(2008.11.7)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 C 7/13 (2006.01)	HO 1 C 7/13
CO 4 B 35/645 (2006.01)	CO 4 B 35/64 N
HO 1 C 7/02 (2006.01)	HO 1 C 7/02
HO 2 H 9/02 (2006.01)	HO 2 H 9/02 B

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平10-192224	(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー GENERAL ELECTRIC COMPANY
(22) 出願日	平成10年7月8日(1998.7.8)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(65) 公開番号	特開平11-126706		クタディ、リバーロード、1番
(43) 公開日	平成11年5月11日(1999.5.11)	(74) 代理人	100093908 弁理士 松本 研一
審査請求日	平成17年7月5日(2005.7.5)	(72) 発明者	ハーバート・スタンリー・コール アメリカ合衆国、ニューヨーク州、バーン ト・ヒルズ、エヴァーグリーン・コート、 8番
(31) 優先権主張番号	08/896874		
(32) 優先日	平成9年7月21日(1997.7.21)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電流制限装置、導電性複合材および該複合材の製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくとも 2 つの電極、前記電極の間に配置された導電性複合材、前記電極と前記複合材との間の界面、大電流事象の際に前記界面における断熱抵抗加熱により急速な熱膨張および蒸発を生じさせて前記界面において少なくとも部分的な物理的分離が生じるようにするため前記界面に設けられた不均一分布の抵抗構造、並びに前記複合材に圧縮力を加える手段を有し、前記導電性複合材が、高 Tg エポキシと低粘性ポリグリコール・エポキシと少なくとも 1 種のエポキシ硬化剤とを含む有機結合剤部分、および導電性粉末を有していること、を特徴とする電流制限装置。

## 【請求項 2】

前記導電性粉末がニッケル粉末である請求項 1 記載の電流制限装置。 10

## 【請求項 3】

前記導電性粉末が、約 0.9 g / c.c の見かけ密度を持つニッケル粉末で構成されている請求項 2 記載の電流制限装置。

## 【請求項 4】

前記有機結合剤部分の前記高 Tg エポキシが前記有機結合剤部分の約 70 重量 % 以上を構成し、前記有機結合剤部分の前記低粘性ポリグリコール・エポキシが前記有機結合剤部分の最大約 30 重量 % までを構成する請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の電流制限装置。

## 【請求項 5】

前記少なくとも 1 種のエポキシ硬化剤が酸、アミン、無水物および遊離基開始剤より成

る群から選ばれる請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の電流制限装置。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 種のエポキシ硬化剤がルイス酸触媒を有する請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の電流制限装置。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 種のエポキシ硬化剤が前記導電性複合材の約 4 重量 % を構成する請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の電流制限装置。

【請求項 8】

高 Tg エポキシと低粘性ポリグリコール・エポキシと少なくとも 1 種のエポキシ硬化剤とを持つ有機結合剤部分、および導電性粉末を有していることを特徴とする導電性複合材 10  
。

【請求項 9】

前記低粘性ポリグリコール・エポキシが、前記有機結合剤部分の重量の約 30 重量 % までの低粘性ポリグリコール・エポキシ柔軟剤を有する請求項 8 記載の導電性複合材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、配電および電動機制御の用途を含む一般的な回路保護のための電流制限装置に関するものである。特に、本発明は、大電流事象または大電流状態が生じたときに回路の電流を制限することの出来る電流制限装置に関するものである。 20

【0002】

【従来の技術】

大電流状態が生じたときに回路の電流を制限することの出来る多数の装置がある。1つの公知の電流制限装置は、PTCR(正の抵抗温度係数)またはPTC効果と普通呼ばれる特性を持つ充填ポリマー材料を含む。米国特許第5,382,938号明細書、米国特許第5,313,184号明細書および欧州公告特許出願第0,640,995A1号明細書の各々には、PTC動作に依存する電気装置が記載されている。PTCRまたはPTC効果の独特的な属性は、PTCR材料がある特定のスイッチ温度で基本的に導電性の材料から基本的に抵抗性の材料へ変わることである。これらの従来の電流制限装置の幾つかにおいては、PTCR材料(典型的には、カーボン・ブラックを充填したポリエチレン)が圧力接触電極同士の間に配置されている。 30

【0003】

その全内容を参照する米国特許第5,614,881号明細書には、複合材と不均一分布の抵抗構造に基づく電流制限装置が開示されている。

【0004】

電流制限装置は大きい故障電流から電気回路内の敏感な構成部品を保護するために多くの用途に使用されている。用途の範囲は低電圧小電流の電気回路から高電圧大電流の配電系統までまたがる。多くの用途にとって重要な要件は、ピーク故障電流を最小にするために電流制限応答時間(これはスイッチング時間としても知られている)が速いことである。 40

【0005】

動作においては、電流制限装置は被保護回路内に配置される。正常な回路状態では、電流制限装置は高伝導状態にある。大電流状態が生じたとき、PTCR材料が抵抗加熱により発熱して、その温度が「スイッチ温度」以上になる。スイッチ温度になったとき、PTCR材料の抵抗は高抵抗状態に変わり、大電流状態の電流が制限される。大電流状態がなくなったとき、電流制限装置はある時間(長時間であってもよい)にわたってスイッチ温度よりも低い温度へ冷却していく、高伝導状態へ戻る。高伝導状態では、電流制限装置は再び、将来の大電流状態の事象に応答して高抵抗状態へ切り替わることが可能になる。

【0006】

公知の電流制限装置は、電極、導電性複合材、低い熱分解または蒸発温度の高分子結合剤、および不均一分布の抵抗構造と組み合わせた導電性充填剤を有する。これらの電流制限 50

装置のスイッチング作用は、複合材の比較的高い抵抗部分中の導電性充填剤のジュール加熱が結合剤の熱分解または蒸発を生じさせるのに充分な加熱を生じたときに起こる。

#### 【0007】

公知の電流制限装置の動作中、材料の消耗 (ablation) およびアークの少なくとも一方が不均一分布の抵抗構造中の局部的なスイッチング領域において生じる。消耗およびアークは導電性複合材に高い機械的および熱的応力の少なくとも一方を生じさせる。これらの高い機械的および熱的応力はしばしば複合材の機械的破損を招く。

#### 【0008】

更に、公知の電流制限装置に使用されてきた導電性複合材はしばしば非常に脆く、高電圧大電流事象の際に破損することがある。また、電流制限装置に以前に使用されていた導電性複合材のバッチはしばしば再現性がない。従って、電流制限装置内の導電性複合材の特性が変動し、電流制限装置の動作および信頼性に悪影響を及ぼす。

10

#### 【0009】

電流制限装置に使用しようと以前に試みられたこのような複合材の1種は、市販されているエポキシであるエポキシ・テクノロジイ社 (Epoxy Technologies Inc.) 製のエポテック (Epotek) N30 である。エポテック N30 は導電性を持たせるためにニッケル粒子が添加されている。エポテック N30 の数個のバッチを試験したところ、これらのバッチの幾つかは良好な電気性能を有することが判った。しかしながら、エポテック N30 のバッチ毎の再現性は殆ど又は全くなかった。更に、エポテック N30 のバッチは極めて脆く、結果として試験中に割れを生じた。

20

#### 【0010】

従って、電流制限装置に使用するための導電性複合材は、大電流複数回使用ポリマー電流制限装置にとって適切な性質である、望ましい、一定の、再現性のある電気的および機械的性質を有しているべきである。これらの電気的および機械的性質には、下記に限定されるものではないが、低い初期接触抵抗、高スイッチ抵抗、数 (2~3) ミリ秒未満のスイッチング時間、並びに機械的な頑丈さおよび耐久性のような望ましい電流制限装置の性質が含まれる。

#### 【0011】

##### 【発明の概要】

従って、上記および他の欠点を克服した高速の再使用可能な電流制限装置を提供することが望ましい。

30

#### 【0012】

更に、複数回使用のポリマー電流制限装置にとって適切な望ましい電気的および機械的性質を有する複合材を含んでいる電流制限装置を提供することが望ましい。これらの電気的および機械的性質は、次のものに限定されるものではないが、ポリマー電流制限装置が複数回使用能力を持つように、低い初期接触抵抗、高スイッチ抵抗、数 (2~3) ミリ秒未満のスイッチング時間、並びに機械的な頑丈さおよび耐久性を含む。

#### 【0013】

また、大電流用の複数回使用の電流制限装置を提供することが望ましい。この電流制限装置は、少なくとも2つの電極、前記電極の間に配置された導電性複合材、前記電極と前記複合材との間の界面、大電流事象の際に前記界面における断熱抵抗加熱により結合剤の急速な熱膨張および蒸発を生じさせて前記界面において少なくとも部分的な物理的分離が生じるようにするために前記界面に設けられた不均一分布の抵抗構造、並びに前記複合材に圧縮力を加える手段を有する。導電性複合材は、高Tgエポキシと低粘性ポリグリコール・エポキシとを含む有機結合剤部分、少なくとも1種のエポキシ硬化剤、および導電性粉末を有する。

40

#### 【0014】

更に、高Tgエポキシと低粘性ポリグリコール・エポキシとを含む有機結合剤部分、少なくとも1種のエポキシ硬化剤および導電性粉末を有する導電性複合材を提供し、また該導電性複合材の製造方法を提供することも望ましい。

50

**【 0 0 1 5 】**

本発明の上記および他の利点並びに顯著な特徴は、添付の図面を参照した、本発明の好ましい実施態様を示す以下の説明から明らかになろう。

**【 0 0 1 6 】****【発明の実施の形態】**

本発明に従って具現された電流制限装置は、電極間に配置された導電性複合材を有し、電流制限装置全体にわたって不均一な分布の抵抗が存在する。導電性複合材は少なくとも導電性充填剤および有機結合剤を有する。本発明に従って具現された電流制限装置は更に、導電性複合材に圧縮力を加える手段を有する。

**【 0 0 1 7 】**

電流制限装置を再使用可能とするために、不均一分布の抵抗構造が設けられて、電流制限装置の内の少なくとも1つの薄い層が電流の流れの方向に対して直角に配置され且つ装置内の同じ寸法および向きの平均層の平均抵抗よりも高い抵抗（すなわち比較的高い抵抗）を持つようにする。更に、電流制限装置は選ばれた薄い高抵抗層に対して直角な方向に圧縮力を加えられる。圧縮力は電流制限装置に固有の圧縮力であってもよく、或いはバネなどのような弾性の構造、組立体または装置によって加えてよい。

10

**【 0 0 1 8 】**

動作に関して説明すると、本発明に従って具現された電流制限装置は被保護電気回路内に配置される。正常な動作の際には、電流制限装置の抵抗は低く、すなわちこの例では電流制限装置の抵抗は導電性複合材の抵抗と電極の抵抗と接触抵抗との和に等しい。短絡または大電流事象が生じると、高密度の電流が電流制限装置を通って流れ始める。短絡または大電流事象の初期段階では、電流制限装置の抵抗加熱は断熱加熱であると信じられる。このため、電流制限装置の内の選ばれた比較的高い抵抗の薄い層が電流制限装置の残りの部分よりもずっと速く加熱されると信じられる。薄い層が適切に設計されていると、該薄い層が急速に加熱されて、該薄い層の熱膨張および／または該薄い層からのガスにより電流制限装置内の該薄い層の所で分離が生じると信じられる。

20

**【 0 0 1 9 】**

図1に例示されているように、本発明は大電流複数回使用の高速電流制限装置1を構成する。図1において、本発明に従って具現された電流制限装置1は、金属または半導体から形成される電極3および導電性複合材5を有し、圧縮力Pが加えられている不均一分布の抵抗構造7を含む。ところで、本発明の範囲には、比較的高い抵抗の部分が電極3同士の間のいずれかにある任意の適当な構成を持つ大電流複数回使用電流制限装置が含まれる。例えば、図2に示されているように、大電流複数回使用電流制限装置内の2つの複合材5の間に比較的高い抵抗があつてよい。しかし、これは単に代表的なもので、本発明を制限するものではないことに留意されたい。

30

**【 0 0 2 0 】**

結合剤は低い温度（大体800°C未満）でかなりのガスを発生するように選ぶべきである。不均一分布構造は典型的には、電流制限装置の少なくとも1つの選ばれた薄い層が電流制限装置の残りの部分よりもずっと高い抵抗を持つように選ばれる。

40

**【 0 0 2 1 】**

導電性複合材内の不均一分布の抵抗構造は、電流の流れの方向に対して直角に配置された少なくとも1つの薄い層が、同じ寸法および向きの平均層の平均抵抗よりも少なくとも約10%高い所定の抵抗を持つように設けられる。更に、不均一分布の抵抗構造は、少なくとも1つの導電性複合材界面の近くに配置される。

**【 0 0 2 2 】**

本発明の有利な結果は、大電流事象の際の薄い層の断熱抵抗加熱に続く大電流複数回使用電流制限装置内の結合材料からの急速な熱膨張およびガス発生により得られると信じられる。この急速な熱膨張および蒸発は選ばれた薄い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を生じさせて、電流の流れに対する装置全体の抵抗を高くする。従って、電流制限装置は電流路を通る電流の流れを制限する。

50

## 【0023】

大電流状態がなくなったとき、電流制限装置にかかっている圧縮力により、電流制限装置は再び電流を正常に流れさせる低抵抗状態に戻ると信じられる。本発明に従って具現された電流制限装置は、複数回のこののような大電流事象状態に対して再使用可能である。回数は、とりわけ、各々の大電流事象の大きさ及び持続時間のような因子に依存する。

## 【0024】

本発明に従って具現された電流制限装置では、複合材の蒸発および／または消耗が、高い抵抗の領域において、例えば電極／材料界面において、部分的または完全な物理的分離を惹起すると信じられる。この分離される状態では、複合材の消耗が生じ、電流制限装置の分離された層間にアークが生じることがあると信じられる。しかしながら、分離された状態での全体の抵抗は非分離状態での抵抗よりも遙かに高くなっている。この高いアーク抵抗は複合材の結合剤からのガス発生によって界面で生じる高い圧力とガスの消イオン性質との組合せによるものと信じられる。いずれにしても、本発明の電流制限装置は、回路の他の構成部品が大電流事象によって破損しないように大電流事象の電流を制限するのに有効である。

10

## 【0025】

大電流事象が遮断された後、電流制限装置は、分離した層を押すように作用する圧縮力により、その非分離状態に戻り又は再形成されると信じられる。電流制限装置の層が非分離状態すなわち低抵抗状態に戻ると、電流制限装置は将来起こる他の大電流事象状態に応答して電流制限動作を行い得る完全動作状態になる。

20

## 【0026】

特定の回路内の電流制限装置の両端間に現れる最大電圧を制御するというような目標を達成するため、または電流制限装置の使用寿命を延ばすように回路エネルギーの幾つかを通す代替路を設けるため、抵抗、バリスタ、或いは他の線形または非線形素子を含む並列電流路を用いることによって、本発明の電流制限装置の別の実施態様を作ることが出来る。

30

## 【0027】

本発明に従って具現された、電流制限装置に使用するための導電性複合材は、少なくとも4つの構成成分を有する。その内の3つは導電性複合材の有機結合剤の中に見出される。具体的に述べると、導電性複合材の有機結合剤中の3つの構成成分は、高Tgエポキシ、低粘性ポリグリコール・エポキシおよび少なくとも1種の硬化剤である。少なくとも4つの構成成分の内の他の成分は、導電性粉末である。

## 【0028】

従って、本発明に従って具現された電流制限装置は、大電流複数回使用電流制限装置に使用するための所望の電気的および機械的性質を与える複合材を含む。所望の電気的および機械的性質には、それに限定されないが、低い初期接触抵抗、大電流事象に関連した高スイッチ抵抗、速いスイッチング時間、並びに複数回使用できるようにするための機械的頑丈さおよび耐久性が含まれる。

30

## 【0029】

例えば、本発明に従って具現された代表的な電流制限装置では、低い初期接触抵抗は約0.05オーム程度である。大電流事象に関連した高スイッチ抵抗は、約50オームまたはそれ以上である。更に、本発明に従って具現された電流制限装置では、スイッチング時間は数(2~3)ミリ秒未満である。

40

## 【0030】

本発明に従って具現された導電性複合材は、約30重量%までの低粘性ポリグリコール・エポキシ樹脂と組み合わせた高Tgエポキシ樹脂を有する。微細なニッケル粉末のような導電性粉末が、少なくとも1種の硬化剤と共に、有機結合剤にブレンドすなわち混合されて、導電性複合材を形成する。本発明に従って具現された、これらの導電性複合材から製造されたポリマー電流制限装置は、電気性能が向上し改善される。

## 【0031】

本発明に従って具現された電流制限装置用の導電性複合材の有機結合剤部分に使用するた

50

めの高Tgエポキシは、導電性複合材の有機結合剤部分の約70重量%以上の範囲で与えられる。高Tgエポキシは、例えば、ノボラックまたはビスフェノールA構造のような高Tgエポキシで構成するのが好ましい。

#### 【0032】

低粘性ポリグリコール・エポキシ樹脂が、本発明に従って具現された導電性複合材の有機結合剤部分の残りの部分を形成する。低粘性ポリグリコール・エポキシ樹脂は高Tgエポキシに柔軟性を与える。従って、本発明に従って具現された電流制限装置では、低粘性ポリグリコール・エポキシ樹脂は導電性複合材の有機結合剤部分の最大約30重量%までを構成する。

#### 【0033】

本発明に従って具現された電流制限装置では、幾つかの異なる種類の硬化剤が導電性複合材中のエポキシと共に使用される。硬化剤には、それらに限定されないが、公知のエポキシに対する硬化剤が含まれ、例えば、酸、アミン、無水物、遊離基開始剤および他の硬化剤が含まれる。例えば、潜熱触媒の形態の硬化剤が、上昇した温度でエポキシの優れた硬化を生じさせることが判っている。特に、三塩化硼素または三弗化硼素アミン錯体のようなルイス酸触媒を有する硬化剤が、導電性複合材にエポキシの約4重量%で添加された。これらの触媒は、約150°Cの温度に達するまでエポキシの硬化を誘発しない。従って、本発明に従って具現された電流制限装置用の導電性複合材を形成するための材料を配合して、長い期間にわたって室温で貯蔵しておくことが可能であった。

#### 【0034】

本発明に従って具現された導電性複合材中の第4の成分は、導電性粉末である。導電性粉末は、電流が導電性複合材を通って流れることが出来るようになる。導電性粉末は、好ましくは、これに限定されないが、例えばノバメット・コーポレーション(Novamet Corporation)から市販されているNi255空気選別微粉のような微細なニッケル粉末である。ニッケル粉末は、好ましくは、有機結合剤部分を含む導電性複合材の全サンプル重量の約55重量%~約70重量%の範囲内の濃度で添加される。ニッケル粉末の大きさ(粒度)、形状、表面積および形態は、本発明に従って具現される電流制限装置の性能にとって重要である。

#### 【0035】

特に、平均粒度(フィッシャー粒度; Fisher size)が約2ミクロンであるニッケル粉末は、本発明に従って具現された電流制限装置の導電性複合材に対して望ましい性能および特性を与えると判明した。更に、約0.75m<sup>2</sup>/gの表面積および約0.9g/ccの見かけ密度を持つニッケル粒子は、本発明に従って具現された電流制限装置の性能を更に向上させる。

#### 【0036】

本発明に従って具現された電流制限装置において、導電性複合材による電流制限装置の性能の改善をよりよく例示するために、導電性複合材のサンプルを調製して試験した。下記の具体例およびその試験結果の表は、本発明に従って具現した導電性複合材の望ましい特性および性質を示す。しかし、下記の具体例はあくまでも例に過ぎず、本発明をそれらに限定するものではない。下記の記載における測定値、量および他の定量化は近似値である。また、以下に示されているパーセント(%)は、特に指定していない限り重量%を表し、時間はミリ秒(ms)で表し、抵抗値はオームで表す。

#### 【0037】

##### 【具体例1】

本発明に従って具現された電流制限装置を調製するため、最初に、導電性複合材の有機結合剤部分として貯蔵エポキシ溶液を使用した。貯蔵エポキシ溶液は、約96gのノボラック・エポキシ(チバ・ガイギー社(Ciba Geigy Corp.)の商品名EPN1139)と潜熱触媒としての約4gの三塩化硼素アミン錯体(チバ・ガイギー社の商品名DY9577)とをブレンドすることによって調製した。この貯蔵エポキシ溶液からそれぞれ10重量%、約20重量%および約30重量%のポリグリコール低粘性柔軟剤(ダ

10

20

30

40

50

ウ・ケミカル社 (Dow Chemical Corp.) の商品名 D E R 7 3 6 ) を含有する配合物を作った。次いで、これらのそれぞれ 10 重量%、約 20 重量% および約 30 重量% の柔軟剤を含有する配合物を、導電性粉末として使用するニッケル (Ni) 粉末と混合した。Ni 粉末の濃度は、上記の異なるエポキシ溶液と混合したときの導電性複合材の全重量のそれぞれ約 55 %、約 60 % および約 65 % であった。

#### 【0038】

この導電性複合材を完全に混合して、テフロン (T E F L O N ; 登録商標) 基板に形成した直径がほぼ 3 / 4 インチで深さがほぼ 1 / 8 インチの複数の穴の中にサンプルとして配置した。穴は導電性複合材で完全に満たして、テフロンの上板で覆った。これらのサンプルを約 150 °C で約 1.5 時間の間焼成した。この結果得られた硬化したニッケル - エポキシ導電性複合材の円盤を取り出して、電気性能の試験を行った。10

#### 【0039】

ニッケル - エポキシ導電性複合材の円盤の電気性能の試験を行うため、該円盤を 2 つの電極の間に配置し、これにより本発明に従って具現された電流制限装置を構成した。この電流制限装置を適当な圧力を加えて保持した。これらの電極およびニッケル - エポキシ導電性複合材の円盤に大電流パルスまたは大電流事象を加えた。そこで電流制限装置の電気特性を測定した。初期抵抗 (R<sub>i</sub>)、高抵抗状態に達するスイッチング時間 (S W t)、スイッチ抵抗 (R)、および破損するまでの再使用パルスの数を記録した。それらの結果が表 1 に示してある。

#### 【0040】

#### 【表 1】

20

表 1

<u>サンプル</u>	<u>平均 R<sub>i</sub></u>	<u>平均 S W t</u>	<u>平均 R</u>	<u>パルス数</u>
<u>10 %柔軟剤の場合</u>				
55 %Ni	1. 3	0. 07	249	11
60 %Ni	0. 1	0. 23	104	9
65 %Ni	0. 05	1. 35	97	6
				30
<u>20 %柔軟剤の場合</u>				
55 %Ni	10. 2	0. 14	455	5
60 %Ni	0. 23	0. 11	249	15
65 %Ni	0. 03	1. 4	107	9
<u>30 %柔軟剤の場合</u>				
55 %Ni	0. 49	0. 11	259	13
60 %Ni	0. 05	0. 97	86	4
65 %Ni	0. 03	2. 35	59	3

40

#### 【0041】

具体例 1 の導電性複合材について行った試験結果は、上記の表 1 に示されるように、導電性複合材の上記の構成成分が大電流複数回使用電流制限装置における望ましい電気的および他の性質を提供することを示している。更に、具体例 1 における上記の結果は、本発明に従った上記の構成成分を持つ導電性複合材が大電流複数回使用電流制限装置における望ましい電気的および他の性質を提供することも示している。また、異なるルイス酸硬化剤すなわち三弗化硼素モノエチルアミン錯体により別の実験を行った。この場合、上述の三塩化硼素アミン錯体を使用した場合と同様な結果が得られた。

#### 【0042】

50

しかし、具体例 1 に述べた構成成分および組成が決定的なものであり、且つ大電流複数回使用電流制限装置に対して望ましい結果を与えるものであることを確かめるために、別の試験を行った。

【 0 0 4 3 】

【 具体例 2 】

具体例 2 は、具体例 1 と同様に行ったが、具体例 1 に列挙したものとは異なるエポキシおよびニッケル粉末を持つサンプルを使用した。異なる構成成分の具体例 2 のサンプルは、具体例 1 において述べたのと同様に調製し試験した。その結果は表 2 に示してある。

【 0 0 4 4 】

【 表 2 】

表 2

サンプル	平均 R i	平均 S W t	平均 R	パルス数
市販の (Ni 粒子 / N 30 エポキシ) の場合	0. 0 3 0. 0 8 0. 3 6 0. 2 7 0. 0 5	3 1. 8 3. 0 2. 0 2. 3 3	7 2 5 3 2 3 3	1 1 1 1 3
30 %柔軟剤と共に 65 %Ni 255 (粗い粉末の分離なし) を用いた場合	0. 4 4	2. 2	5	1
ノーランド・オプチカル接着剤 (ウレタン / アクリルをベースとした接着剤系) 中に 55 % Ni 微粉を用いた場合	1 9 5	0. 5	0. 8 8	2
ノーランド・オプチカル接着剤 (ウレタン / アクリルをベースとした接着剤系) 中に 65 % Ni 微粉を用いた場合	0. 0 5	2. 2 4	1. 2	1
CY-179 (脂環式エポキシ樹脂) 中に 55 % Ni 微粉を用いた場合	0. 3 8	試験中に円盤が破損した		
リコン・エポキシ (エポキシ化ブタジエン系) 中に 65 % Ni 微粉を用いた場合	円盤が柔らか過ぎて測定できない			
イミダゾール硬化剤と共に O E - 1 0 0 , ノボラックの中に 65 % Ni 微粉を用いた場合	0. 0 7	1. 6 8	1 6	2

## 【0045】

具体例 2 の結果から、ニッケル粉末は導電性複合材中の構成成分として、大電流複数回使用電流制限装置における導電性複合材に対して満足な結果を与えるのに重要であるばかりでなく、ニッケル粉末の適切な大きさもまた、本発明に従って具現された大電流複数回使用電流制限装置における導電性複合材に対して満足な結果を与えるのに重要であることが判る。従って、本発明に従って具現された導電性複合材中の導電性粉末としてニッケル 255 空気選別微粉のようなニッケル粉末が好ましいことが判った。更に、電流制限装置用の導電性複合材に所望の電気的および物理的性能を与えない特定のポリマーまたはエポキ

シ配合体があることも判明した。

**【0046】**

**【具体例3】**

具体例3においては、本発明に従って具現された導電性複合材が、導電性複合材の有機結合剤中の構成成分としてビスフェノールAエポキシを使用して調製された。以下に述べる導電性複合材を使用した別の試験によれば、本発明に従って具現された大電流複数回使用電流制限装置内の導電性複合材に優れた電気的性能を生じさせる少なくとも1つの他の種類のエポキシ化合物が存在することが更に判明した。これらのエポキシを具体例3において以下に述べる。

**【0047】**

具体例3においては、導電性複合材の有機結合剤部分を構成すため、Epon 828ビスフェノールAエポキシ(ダウ・ケミカル社)に約4重量%のDY9577潜熱触媒を混合した。DY9577とEpon 828との組合せに、硬化剤としてそれぞれ約10重量%および約20重量%のDER736ポリグリコール低粘性柔軟剤を添加してサンプルを形成した。また、導電性粉末として様々な量のNi255空気選別微粉を添加した。前に述べたようにサンプルを調製して試験した。試験結果は表3にまとめて示す。

**【0048】**

**【表3】**

表 3

<u>サンプル</u>	<u>平均R<sub>i</sub></u>	<u>平均S<sub>Wt</sub></u>	<u>平均R</u>	<u>パルス数</u>
<u>10%柔軟剤の場合</u>				
60%Ni微粉	0.03	0.8	34	4
65%Ni微粉	0.02	2.1	18	3
<u>20%柔軟剤の場合</u>				
60%Ni微粉	0.05	0.4	121	8
65%Ni微粉	0.02	2.3	24	3

**【0049】**

表3の結果によれば、高Tgエポキシヒルイス酸触媒と柔軟剤と適切な構造を持つ微細なニッケル粉末との組合せを有する、本発明に従って具現された電流制限装置内の導電性複合材は、大電流複数回使用用途にとって望ましく且つ適当な特性を持つ電流制限装置を提供する。

**【0050】**

以下に示す具体例4乃至具体例6では、高濃度の柔軟剤を含む場合の導電性複合材に対する構成成分および組成について考察する。これらの具体例はまた、本発明に従って具現された導電性複合材に対する別の処理パラメータについても考察する。

**【0051】**

**【具体例4】**

具体例4では、低粘性柔軟剤「732」のような比較的に長鎖の脂肪族が、導電性複合材のための、具体例3において述べたようなEPON 828およびDY9577Bに添加される。具体例4では、ニッケル粉末が導電性粉末として空気選別微粉の形態で使用される。種々の濃度の構成成分を調製して試験した。その結果は表4に示されている。

**【0052】**

**【表4】**

10

20

30

40

表 4

<u>サンプル</u>	<u>平均 R i</u>	<u>平均 S W t</u>	<u>平均 R</u>	<u>パルス数</u>
<u>20%柔軟剤の場合</u>				
65%Ni微粉	0. 03	1. 97	148	7
<u>30%柔軟剤の場合</u>				
60%Ni微粉	0. 09	0. 23	349	7
65%Ni微粉	0. 03	3. 7	198	6
65%Ni微粉	0. 05	1. 43	317	7
<u>40%柔軟剤の場合</u>				
60%Ni微粉	0. 04	2. 63	364	4
<u>50%柔軟剤の場合</u>				
65%Ni微粉	0. 1	0. 57	666	9

【0053】

【具体例5】

具体例5では、前に述べたように、E P O N 8 2 8 およびD Y 9 5 7 7 Bの混合物が調製された。しかし、適切な製造装置およびプロセスを決定するために硬化サイクルに異なる処理装置を使用した。処理装置は、これに限定されないが、ラミネータ(laminator)、プレスおよびオートクレーブのような装置を含む。そこで、異なる装置により、前に述べたような732柔軟剤および65%ニッケル微粉末を使用してサンプルを調製した。それらの結果は表5に示されている。

【0054】

【表5】

表 5

<u>装置／サンプル</u>	<u>平均 R i</u>	<u>平均 S W t</u>	<u>平均 R</u>	<u>パルス数</u>
<u>ラミネータの場合</u>				
40%柔軟剤	0. 03	0. 72	123	7
50%柔軟剤	0. 02	1. 11	229	9
<u>プレスの場合</u>				
40%柔軟剤	0. 04	0. 54	233	9
50%柔軟剤	0. 03	1. 15	417	6
50%柔軟剤	0. 03	1. 52	182	6
<u>オートクレーブの場合</u>				
40%柔軟剤	0. 02	1. 188	56. 5	8
40%柔軟剤	0. 027	1. 28	114	5
40%柔軟剤	0. 027	1. 084	148. 8	5

【0055】

【具体例6】

具体例6では、導電性複合材がS E M C O(登録商標)自動混合機を使用して混合される

20

30

40

50

。前の場合は、導電性複合材のサンプルは手で混合された。この具体例 6 の場合には、導電性複合材を調製するための混合物は、D Y 9 5 7 7 を含む E P O N 8 2 8 と、6 5 % ニッケル微粉末を含む 4 0 % の 7 3 2 柔軟剤とで構成した。具体例 6 の試験結果は表 6 に示されている。

**【 0 0 5 6 】**

【表 6】

表 6

<u>サンプル</u>	<u>平均 R<sub>i</sub></u>	<u>平均 S W<sub>t</sub></u>	<u>平均 R</u>	<u>パルス数</u>	10
S E M C O 混合機	0. 0 2 3 3	1. 2 4	9 2	9	

**【 0 0 5 7 】**

これまで示した表のデータは、導電性複合材および電極の両方が一定の寸法（大きさ）を有している一定の寸法の電流制限装置で得られたものである。更に、この表においては、意味のある比較ができるように大電流パルスも一定のレベルに維持された。

**【 0 0 5 8 】**

具体例 4 乃至 6 は、種々の濃度で柔軟剤を有する導電性複合材が本発明に従って具現された大電流複数回使用電流制限装置に使用するのに適当であって且つ望ましいことを示している。更に、具体例 4 乃至 6 は、ラミネーション、プレス処理、オートクレーブ処理、並びに例えば S E M C O 混合機によるような機械混合処理などの異なる硬化処理および装置が本発明に従って具現された高電圧複数回使用電流制限装置内の導電性複合材に対して望ましい且つ適当な特性を与えることを示している。

**【 0 0 5 9 】**

本発明を特定の好ましい実施態様について説明したが、当業者には種々の要素の組合せ、変更および改良をなし得ることが明細書の記載から理解されよう。

**【 図面の簡単な説明】**

【図 1】本発明に従って具現された電流制限装置を示す断面図である。

【図 2】本発明に従って具現された別の電流制限装置を示す断面図である。

**【 符号の説明】**

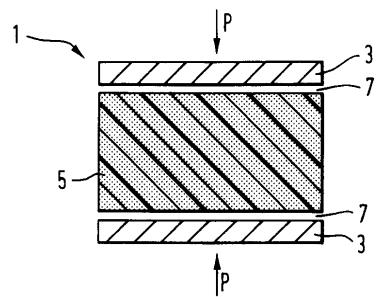
- 1 電流制限装置
- 3 電極
- 5 導電性複合材
- 7 不均一分布の抵抗構造

10

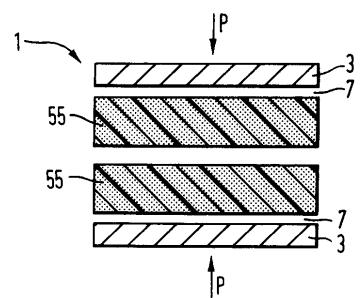
20

30

【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ティリーサ・アン・シットニック・ニーターズ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、バーント・ヒルズ、ケリー・ミドウ・ロード、18番

(72)発明者 アニル・ラージ・ドゥガル

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、アルゴンキン・ロード、2322番

審査官 近藤 聰

(56)参考文献 特開平8-213204(JP,A)

特開平7-153604(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01C 7/00

C04B 35/00

H01C 7/00

H02H 9/00