

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5116119号
(P5116119)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012.10.26)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 H 85/12 (2006.01) HO 1 H 85/12
 HO 1 H 85/046 (2006.01) HO 1 H 85/046
 HO 1 H 85/10 (2006.01) HO 1 H 85/10

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2009-504070 (P2009-504070)	(73) 特許権者	504190548 国立大学法人埼玉大学 埼玉県さいたま市桜区下大久保255
(86) (22) 出願日	平成20年3月12日(2008.3.12)	(74) 代理人	100083806 弁理士 三好 秀和
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/054513	(74) 代理人	100108914 弁理士 鈴木 壯兵衛
(87) 国際公開番号	W02008/111614	(72) 発明者	小林 信一 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 国立大学法人埼玉大学内
(87) 国際公開日	平成20年9月18日(2008.9.18)	(72) 発明者	廣瀬 健吾 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 国立大学法人埼玉大学内
審査請求日	平成22年2月17日(2010.2.17)		
(31) 優先権主張番号	特願2007-63966 (P2007-63966)		
(32) 優先日	平成19年3月13日(2007.3.13)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒューズリンク及びヒューズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁性基板と、該絶縁性基板の表面に形成された導電性薄膜のパターンからなるヒューズリンクであって、

前記導電性薄膜のパターンが、複数個の遮断部狭小帯を並列配置した遮断部を、更に直列に連結帯を介して交互に周期的に配列して直列接続したパターンをなし、

前記遮断部の厚さが10～60μmで、前記連結帯の厚さが80～150μmであり、
 且つ前記遮断部の直列接続の数が、100V当たり、1.5以上、5.3以下であることを特徴とするヒューズリンク。

【請求項2】

前記遮断部狭小帯の並列数が、前記並列方向に測った前記遮断部の幅1cm当たり12以上、40以下であることを特徴とする請求項1に記載のヒューズリンク。

【請求項3】

ヒューズ筒となる絶縁管と、
 該絶縁管の内部に収納され、絶縁性基板と、該絶縁性基板の表面に形成された導電性薄膜のパターンからなるヒューズリンク

とを備えるヒューズであって、
 前記導電性薄膜のパターンが、複数個の遮断部狭小帯を並列配置した遮断部を、更に直列に連結帯を介して交互に周期的に配列して直列接続したパターンをなし、

前記遮断部の厚さが10～60μmで、前記連結帯の厚さが80～150μmであり、

且つ前記遮断部の直列接続の数が、100V当たり、1.5以上、5.3以下であることを特徴とするヒューズ。

【請求項4】

前記ヒューズリンクの複数枚が、前記絶縁管の内部に並列接続されて収納されていることを特徴とする請求項3に記載のヒューズ。

【請求項5】

前記遮断部狭小帯の並列数が、前記並列方向に測った前記遮断部の幅1cm当たり12以上、40以下であることを特徴とする請求項3に記載のヒューズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、GTOサイリスタやIGBT等の半導体スイッチングデバイスの保護用のヒューズに用いるヒューズリンク及びこのヒューズリンクを用いたヒューズに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体スイッチングデバイスの著しい発達に対し、その半導体装置を保護する保護用ヒューズは常に遅れて発達して来た。半導体装置保護用ヒューズにおいては、その遮断実験のオシログラム波形で読まれる遮断電流 I の二乗値($I^2 dt$)を遮断時間 $0 \sim t$ で積分した $I^2 t$ 値が定義され、同一定格のヒューズと比較して、 $I^2 t$ 値が小さい方が性能が良いとされる。又、単位ヒューズを並列に配列して単位並列部(並列遮断部)を構成し、この並列遮断部を S 個直列に接続してヒューズエレメントができる。即ち、並列遮断部を構成する遮断部狭小帯の並列数が「 P 値」として表され、並列遮断部を直列に並べた直列数が「 S 値」で表される。ヒューズエレメントの設計に際しては、 S 値は定格電圧に対応して決定し、 P 値は定格電流に対応して決定される。これらの値の従来値は S 値に対して $1 \sim 1.25 / 100V$ 、 P 値に対し $1 \sim 10P / cm$ が20年以上も守られてきた。

20

【0003】

半導体装置保護用ヒューズとしては、従来、銀リボンプレス加工型のヒューズエレメントが知られている。例えば、銀(Ag)リボンにプレス金型によって3個の円形の穴を隣接して並列に開口し、更に両側に半円形の窪みを設けることにより、4個の遮断部狭小帯を構成し、これにより単位ヒューズを4個並列に並べた並列遮断部を構成し、更にこの4個並列した並列遮断部を連結帯(放熱帯)を介して5組直列に並べた構造が知られている。この場合は、銀リボンの断面積が狭小にされた遮断部狭小帯が5個直列で4個並列なので、 $5S4P$ と表現される。銀リボンプレス加工型のヒューズエレメントは、ヒューズ筒中に消弧砂に埋められて収納される。通電電流はヒューズエレメントを通常流れているが、事故電流が発生すると、断面積が小さくて抵抗値の高い各遮断部狭小帯が溶断し、アーク電圧が高まって事故電流が速やかに遮断される。銀リボンプレス加工型のヒューズエレメントは、最近では、AC8000V電流3000Aを越えるものも作られているが、大型で価格も1ヶ20万円以上のものまである。しかし、従来のプレス加工型のヒューズエレメントは、板厚 150μ 線幅 150μ が限界であり、 $I^2 t$ 値の低減、コスト低減と小型化には、その限界が見えてきたように考えられている。

30

40

【0004】

このため、この様な銀リボンプレス加工型のヒューズエレメントに対し、本発明者は、エッチング・ヒューズエレメントを提案してきた(特許文献1参照。)。エッチング・ヒューズエレメントは、電気的絶縁性を有する長方形の板状をしたセラミック基板の表面に、導電性薄膜が形成されて構成され、銀リボンプレス加工型のヒューズエレメントと同様に、ヒューズ筒中に消弧砂に埋められて収納される。導電性薄膜は銅箔や銀箔等からなり、エッチングにより、遮断部狭小帯のパターンが形成される。例えば、エッチングによるパターンングにより、隣接して並列配置された4個の楕円部及びこの両側の半楕円部(切り欠き部)により、5個の遮断部狭小帯を構成し、これにより単位ヒューズを4個並列に並べた並列遮断部を構成し、更にこの並列遮断部を連結帯(放熱帯)を介して5組直列に

50

並べた構造が知られている。この場合は、上記定義により、5 S 5 Pのパターンとなる。通電電流はヒューズエレメントの導電性薄膜を通常流れているが、事故電流が発生すると、断面積が小さくて抵抗値の高い各遮断部狭小帯が溶断し、アーク電圧が高まって事故電流が速やかに遮断される。このエッチングヒューズも、従来、フィルム厚さ30～60 μm線幅100 μm程度が限界と考えられていた。特に、並列遮断部を接続する連結帯（放熱帯）の直列方向に測った長さが3 mmは必要であろうと考えられており、このためS値の最大は、定格電圧600 Vクラスでは、8 S程度であろうと考えられ、 $I^2 t$ 値の低減、コスト低減と小型化には、その限界が見えてきた。S値に対して1/100 V、P値に対し10 P/cmの従来型エッチング・ヒューズエレメントが製品化され、銀リボンプレス加工型のヒューズエレメントに比し、小型高性能であっても、ややコスト高となるので販売の低迷が続いている。EUに於いても基礎研究がありながら実用化しないので同一原因かと思われる。

【特許文献1】特開2006-73331号公報

【発明の開示】

【0005】

（発明が解決しようとする課題）

図2(a)は、エッチングヒューズを構成する単位ヒューズの構造を詳細に説明する断面図である。又、図2(b)は図2(a)に対応し、4個の単位ヒューズの構造を詳細に説明する平面図である。即ち、図2は、厚さ t_H で、直列方向に測った長さH、並列方向に測った最小幅b、最大幅Bとなるように臼型に括れた形状の遮断部狭小帯 22_k と、遮断部狭小帯 22_k に接続され、厚さ t_R で、直列方向に測った長さR、並列方向に測った幅Bの矩形の連結帯（放熱帯） 21_k とで単位ヒューズを構成していることを示している。このため、単位ヒューズの直列方向に測った長さ $P_L = H + R$ となる。

【0006】

図3に示すように、ヒューズリンクの直列方向に測った長さをL、ヒューズリンクの並列方向に測った幅をW、端子部11, 12の直列方向に測った長さをTとすれば、分割P値及び分割S値を用いて：

$$B = W / P \quad \dots\dots (1)$$

$$P_L = H + R = (L - 2T) / S \quad \dots\dots (2)$$

従来も、ヒューズの遮断性能を改善するために、遮断点を多くすることが試みられていた。しかしながら、S値を増大し、ヒューズの直列遮断点を増加させる場合、二つの直列遮断点の間に直列方向に測った長さRの大きな連結帯（放熱帯） 21_k が必要となる。長さRの大きな連結帯（放熱帯） 21_k がなければ、連結帯（放熱帯） 21_k の直列方向の両側の端部から連結帯（放熱帯） 21_k の内部に向かって延びる二つのアークは発生後間もなく一つのアークとなってしまう。特に、遮断に時間がかかると、連結帯（放熱帯） 21_k の直列方向の両側の端部から連結帯（放熱帯） 21_k の内部に向かって延びる二つのアークが進展し、連結帯（放熱帯） 21_k を侵食して消滅させ、両アークが合体して一つのアークとなり遮断不能となる。又、長さRの大きな連結帯（放熱帯） 21_k があることが、遮断部狭小帯 22_k の幅bをより小さくすることができるので、 $I^2 t$ 特性改善の大きな決め手となる。

【0007】

故にエッチングヒューズはこれが消滅しないように連結帯（放熱帯） 21_k の長さRを確保することが、最重要事項となり、従来は $R = 3 \text{ mm}$ が最小値であると考えられていた。ヒューズの開発は常に熾烈な競争の中にあるので、ヒューズリンクの直列方向に測った長さ（全長）Lにも限られた長さがあり、連結帯（放熱帯） 21_k の長さRを確保しながらS値を増大し、遮断点を増加させることは甚だ難しい。ここ数十年にわたり遮断点数は1～1.2個/100 Vの中にあることがそれを証明している。

【0008】

10

20

30

40

50

又、分割S値を増大し、直列遮断点を増加させるとヒューズエレメント全体の抵抗も増加させることになり、定格電流値が小となる。定格電流値を大きくするために、遮断部22_kにおける遮断部狭小帯の断面積Sの総和()に相当するヒューズリンクの総合最小断面積 $S = b \cdot P$ を大きくすることは、半導体装置保護用ヒューズの、最重要である $I^2 t$ 値を大きくするので、到底許されることではない。この点からも、分割S値のみを安易に増加できないのである。

【0009】

この様に、従来は、S値を増加させることによりヒューズの遮断性能を向上させることが要望されていたにもかかわらず、現実には、長年の間、これを実施した例はなく、この分割S値を増加させることは解決できない技術的課題であった。

10

【0010】

上記問題を鑑み、本発明は、 $I^2 t$ 値の低減、コスト低減と小型化が可能なヒューズリンク及びこのヒューズリンクを用いたヒューズを提供することを目的とする。

【0011】

(課題を解決するための手段)

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様は、隣接して並列配置された複数の穴及びこの両側の切り欠き部により、P個の遮断部狭小帯を並列配置した遮断部を構成し、この遮断部が、直列方向に測った長さが2.5mm以下で、厚さ80~150 μ mの連結帯を介してS組直列に並べられ、遮断部の厚さが10~60 μ mであるヒューズリンクであることを特徴とする。微細加工性を考慮すると、遮断部の厚さは10~40 μ mが好ましく、更に分割P値及び分割S値を増大するためには、遮断部の厚さが10~30 μ m程度が好ましい。

20

【0012】

本発明の第2の態様は、ヒューズ筒となる絶縁管と、この絶縁管の内部に収納され、絶縁性基板と、この絶縁性基板の表面に形成された導電性薄膜のパターンからなるヒューズリンクとを備えるヒューズに関する。即ち、本発明の第2の態様に係るヒューズは、このヒューズに用いられるヒューズリンクにおいて、導電性薄膜のパターンが、複数の遮断部狭小帯を並列配置した遮断部を、更に直列に連結帯を介して交互に周期的に配列して直列接続したパターンをなし、遮断部の厚さが10~60 μ mで、連結帯の厚さが80~150 μ mであり、且つ連結帯の直列方向に測った長さが2.5mm以下であることを特徴とする。

30

【0013】

(発明の効果)

本発明によれば、 $I^2 t$ 値の低減、コスト低減と小型化が可能なヒューズリンク及びこのヒューズリンクを用いたヒューズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施の形態に係るヒューズリンクの概略構成を説明する模式的な平面図(上面図)である。

【図2】図2(a)は、エッチングヒューズを構成する単位ヒューズの構造(立体構造)を詳細に説明する断面図で、図2(b)は図2(a)に対応し、4個の単位ヒューズの構造を詳細に説明する平面図である。

40

【図3】単位ヒューズとヒューズリンクの全体との関係を説明する模式的な平面図(上面図)である。

【図4】分割P値 $P = 8$ 、全溶断長さ $L = 34$ mm、全溶断幅 $W = 8$ mm の場合の、分割S値 $S = 4, 8, 12, 16, 24$ の5種類のヒューズリンクの表面パターンをそれぞれ示す模式図である。

【図5】AC600V用のヒューズリンクの直列抵抗(全抵抗) $r_s = 1.5$ m Ω , 3 m Ω , 5 m Ω の場合について、それぞれ $I^2 t$ 値の分割S値依存性を示す図である。

【図6】分割P値 $P = 8$ 及び $P = 32$ のAC600V用のヒューズリンクについて、それ

50

ぞれ $I^2 t$ 値の分割 S 値依存性を示して、 $S - P$ 相乗効果を説明する図である（並列配置方向に測った遮断部の幅は 8 mm である。）。

【図 7】分割 S 値 $S = 6$ の AC 600 V 用のヒューズリンクについて、 $I^2 t$ 値の分割 P 値依存性を示す図である（並列配置方向に測った遮断部の幅は 8 mm である。）。

【図 8】分割 S 値 $S = 6$ の AC 600 V 用のヒューズリンクについて、6 S 5 P 型のヒューズリンクの $I^2 t$ 値を 100% として基準化して、 $I^2 t$ 値の分割 P 値依存性を示す図である

【図 9】図 9 (a) は分割 S 値 $S = 6$, 分割 P 値 $P = 32$ (6 S 32 P) の AC 600 V 用のヒューズリンクの遮断実験のオシログラムの電圧波形で、図 9 (b) は対応する電流波形ある。

10

【図 10】図 10 (a) は分割 S 値 $S = 16$, 分割 P 値 $P = 8$ (16 S 8 P) の AC 600 V 用のヒューズリンクの遮断実験のオシログラム波形で、図 10 (b) は対応する電流波形ある。

【図 11】図 11 (a) は分割 S 値 $S = 24$, 分割 P 値 $P = 8$ (24 S 8 P) の AC 600 V 用のヒューズリンクの遮断実験のオシログラム波形で、図 11 (b) は対応する電流波形ある。

【図 12】本発明の実施の形態に係るヒューズリンクにおける単位ヒューズに着目し、1 個のアーク電圧 V_{ai} と電極降下電圧 V_{pi} を示す模式図である。

【図 13】図 12 に示したモデルによって求められる動作過電圧値 V_m (A 特性)、総合極降下値 V_{pi} (B 特性) 及び単位ヒューズの極降下特性 V_p (C 特性) を示す図である

20

【図 14】X 軸を分割 P 値とし、パラメーターを分割 S 値とし、両対数グラフ上で $I^2 t$ 値を直線近似したグラフである。

【図 15】図 15 (a) は、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクの実装構造を示す模式的な断面図で、図 15 (b) は内キャップに収納 (挿入) された 3 枚のヒューズリンクを示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

次に、図面を参照して、本発明の実施の形態説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。但し、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各層の厚みの比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。又、本発明の実施の形態で例示的に記述した各層の厚さや寸法等も限定的に解釈すべきではなく、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参酌して判断すべきものであり、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

30

【0016】

又、以下に示す本発明の実施の形態は、本発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、本発明の技術的思想は、構成部品の材質、形状、構造、配置等を下記のものに特定するものでない。本発明の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された技術的範囲内において、種々の変更を加えることができる。

40

【0017】

図 1 に示すように、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクは、隣接して並列配置された m 個の楕円の穴 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_{m-1}, Q_m$ ($m = P - 1$ は正の整数。) 及びこの両側の半楕円部 (切り欠き部) により、臼型に括れた P 個の遮断部狭小帯を並列配置して n 個 ($n = S$ は正の整数。) の遮断部 $22_{-1}, 22_{-2}, 22_{-3}, \dots, 22_{-(n-1)}, 22_{-n}$ を構成している。そして、この遮断部 $22_{-1}, 22_{-2}, 22_{-3}, \dots, 22_{-(n-1)}, 22_{-n}$ が、直列方向に測った長さが 2.5 mm 以下の連結帯 (放熱帯) $21_{-1}, 21_{-2}, 21_{-3}, \dots, 21_{-(n-1)}, 21_{-n}$ を介して n 組直列に並べられている。直列方向に測ったヒューズリンクの両端には、端子部 11, 12 が設けられている。冒頭で述べた定義によれば $S = n, P = m + 1$ (「 $n S (m + 1) P$ 」) のパターンのエッチングヒューズ

50

である。

【0018】

図2(a)に示した厚さの定義を用いて説明すれば、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクは遮断部 $22_{-1}, 22_{-2}, 22_{-3}, \dots, 22_{-(n-1)}, 22_{-n}$ の厚さ $t_H = 10 \sim 60 \mu\text{m}$ であり、連結帯(放熱帯) $21_{-1}, 21_{-2}, 21_{-3}, \dots, 21_{-(n-1)}, 21_{-n}$ の厚さ $t_R = 80 \sim 150 \mu\text{m}$ であることを特徴とする。遮断部狭小帯の最小幅 b が遮断部の厚さ t_H に依存するので、微細加工性を考慮すると、遮断部の厚さ t_H は $10 \sim 40 \mu\text{m}$ が好ましく、更に、全溶断幅 $W = B_j$ 及び全溶断長さ $L = PL_j$ をそれぞれ一定にして、分割 P 値及び分割 S 値を増大するためには、遮断部の厚さ t_H が $10 \sim 30 \mu\text{m}$ 程度が好ましい。遮断部狭小帯の最小幅 b は、理論上は遮断部の厚さ t_H 程度まで可能であるが、加工寸法のバラツキを考慮すると、遮断部の厚さ t_H の2倍程度が好ましい。したがって、遮断部の厚さ t_H を $30 \mu\text{m}$ 程度とすれば、遮断部狭小帯の最小幅 $b = 60 \mu\text{m}$ がエッチングにより加工可能であり、遮断部の厚さ t_H を $10 \mu\text{m}$ 程度とすれば、遮断部狭小帯の最小幅 $b = 20 \mu\text{m}$ がエッチングにより加工可能である。

10

【0019】

従来から 100V ヒューズリンクを2本直列にして使用すれば 200V のヒューズリンクとして使え、 600V ヒューズが 6S で出来る場合、これを 60S にすれば凡そ 6000V のヒューズの設計の目安となる事などは常識であった。従来、 6S のヒューズを 7S で設計すれば性能が良くなり、 69S のヒューズを 79S 型にすれば性能が良くなったことを、「 S 効果」と言っていた。これに対し本発明の「 S 分割効果」は、図3に示す全溶断長さ $L = L_j$ を一定にして、これを S 分割した場合の効果の意味する。

20

【0020】

図4は、並列数は $8P$ で、全溶断長さ $L = 34\text{mm}$ 一定とした場合の5種類の S 分割を示す。図1に示す例では $P = 16, S = 16$ であるが、図4には分割 S 値 $S = 4, 8, 12, 16, 24$ の場合が示されている。図1及び図5において、並列配置方向に測った遮断部の幅(全溶断幅) $W = 8\text{mm}$ である。即ち、図4(a)は $4S8P$ 型の、図4(b)は $8S8P$ 型の、図4(c)は $12S8P$ 型の、図4(d)は $16S8P$ 型の、図4(e)は $24S8P$ 型のヒューズパターンを示す。

【0021】

本発明の実施の形態に係るヒューズリンクにおいては、連結帯(放熱帯) $21_{-1}, 21_{-2}, 21_{-3}, \dots, 21_{-(n-1)}, 21_{-n}$ の厚さ t_R を厚くして、連結帯(放熱帯) $21_{-1}, 21_{-2}, 21_{-3}, \dots, 21_{-(n-1)}, 21_{-n}$ の抵抗値を小とし、且つ連結帯(放熱帯) $21_{-1}, 21_{-2}, 21_{-3}, \dots, 21_{-(n-1)}, 21_{-n}$ の質量を大きくしている。このため、図4に示すように、全溶断長さ $L = \text{一定}$ として、分割 S 値を増大し、連結帯(放熱帯) $21_{-1}, 21_{-2}, 21_{-3}, \dots, 21_{-(n-1)}, 21_{-n}$ の長さ R が小さくても連結帯(放熱帯) $21_{-1}, 21_{-2}, 21_{-3}, \dots, 21_{-(n-1)}, 21_{-n}$ の存在を確保できるようになった。

30

【0022】

表1は、図4に示した並列数 $8P$ 、全溶断長さ $L = 34\text{mm}$ 、全溶断幅 $W = 8\text{mm}$ の場合の、分割 S 値 $S = 4, 8, 12, 16, 24$ の5種類のヒューズリンクの実験結果をまとめたものである。

40

【表 1】

パターン	全抵抗 ($m\Omega$)	動作 過電圧 V_m (V)	回復 電圧 V_0 (V)	限流 電流 I_m (A)	全 I^2t (A^2s)	5 $m\Omega$ で規格化 した等価 I^2t (A^2s)
4S-8P	4.3	918	850	2275	4604	3405
8S-8P	5.0	1072	850	2025	1012	1012
12S-8P	5.4	1374	850	1938	903	470
16S-8P	5.8	1347	850	1989	329	443
24S-8P	6.6	1938	850	1991	224	390

10

【0023】

表 1 から、動作過電圧 V_m (「動作過電圧 V_m 」の定義は、図 9 ~ 11 参照。) が分割 S 値と共に大きくなり、最大で 2.1 倍にもなることが分かる。これに対し、限流値 I_m (「限流値 I_m 」の定義は、図 9 ~ 11 参照。) は最小で 87.5% と小さくなり、 S 分割効果の寄与率は余り大きくはない。全 I^2t 値は、動作過電圧 V_m 値に逆比例して最大 1/20 と小さくなり、 S 分割効果が如何に大きいか分かる。

【0024】

表 2 は分割 P 値を 32P とし、分割 S 値 $S = 4, 8, 12, 16, 24$ とした場合の試験結果で、全 I^2t 値に対する S 分割効果は更に大きくなったことが分かる。

20

【表 2】

パターン	全抵抗 ($m\Omega$)	動作 過電圧 V_m (V)	回復 電圧 V_0 (V)	限流 電流 I_m (A)	全 I^2t (A^2s)	5 $m\Omega$ で規格化 した等価 I^2t (A^2s)
4S-32P	4.4	918	850	2054	4166	3226
8S-32P	5.6	1066	850	1345	538	675
12S-32P	6.1	1176	850	1228	167	249
16S-32P	5.8	1256	850	1392	123	166
24S-32P	6.0	1307	850	1318	79	114

30

【0025】

又、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクによれば、遮断部 $22_{-1}, 22_{-2}, 22_{-3}, \dots, 22_{-(n-1)}, 22_{-n}$ の厚さ t_H を薄くしたので、総合最小断面 S を同一にして分割 P 値を大きくして P 分割効果を高めながら分割 S 値も大きくできるようになったので S 分割効果を最大限に利用して I^2t 値を従来ヒューズの 1/10 にも小さくすることができる。「 P 効果」といえば従来の常識では、 P 値を多くすれば総合最小断面 S が大きくなるので、 I^2t 値は大きくなり、 I^2t 特性が悪くなると考えられていた。本発明における「 P 分割効果」とは、総合最小断面 S が同一で、これを P 分割した場合の効果の意味する。即ち、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクにおいては、総合最小断面 S を同一にして分割 P 値を増大しているの、分割 P 値を増大すればする程ヒューズリンクの I^2t 値は小さくなり、 I^2t 特性は良くなる。このため、「 P 分割効果」は従来の「 P 効果」の常識からすれば、逆の現象となる。

40

【0026】

例えば接地抵抗において接地棒を多くすればするほど、接地抵抗が小さくなり、接地棒 1 本を 2 本にすれば全接地抵抗は 1/2 になる。しかし、これを 10 本に増しても 1/10 にはならない。お互いの接地電位を上げる干渉がある事で、次第にその接地棒を多くする事による効果が薄れてゆくからである。以上の現象は総てヒューズリンクの P 分割効果においても同様である。つまり、熱回路はすべて電気回路に置き換えて考える事ができるので、接地抵抗を熱抵抗に、電位を熱電位に置き換えると、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクの冷却特性の問題は、接地抵抗計算式と同一と考えてヒューズリンクの説明

50

が出来る。

【0027】

即ち、接地棒数をヒューズリンクの狭小部数 P に置き換えて、ヒューズリンクの分割 P 値を多くすればヒューズリンクの冷却が良くなり、ヒューズリンクの総合最小断面 S が同じでも、より多くの電流を流す事が可能になる。その結果、定格電流値の大きなヒューズリンクが提供できる。ヒューズリンクの $I^2 t$ 特性は定格を同一にして比較すべきものであるから、ヒューズリンクの分割 P 値が大きくなれば、ヒューズリンクの S はより小さくしても、定格電流値を同一とする事が可能となるので、 S が小さくなった分だけヒューズリンクの $I^2 t$ 値が小さくなる訳である。

【0028】

図1に示すように、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクは、厚さ $0.8\text{ mm} \sim 1.5\text{ mm}$ のセラミック基板等の絶縁性基板の上に導電性薄膜のパターンを形成して構成される。セラミック基板の素材としてはアルミナ (Al_2O_3)、ムライト ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)、ベリリア (BeO)、窒化アルミニウム (AlN)、炭化珪素 (SiC) 等が使用可能である。導電性薄膜としては金属薄膜、特に安価且つ加工の容易性を鑑みると銅 (Cu) が好ましいが、銅に限定されるものではない。金属薄膜、特に銅の薄膜であれば、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクのパターンは、銅 (Cu) のメッキ及び、エッチングにより簡単に形成できる。即ち、セラミック基板の上に厚さ $t_H = 10 \sim 60\ \mu\text{m}$ の銅の薄メッキをして、遮断部 $22_{-1}, 22_{-2}, 22_{-3}, \dots, 22_{-(n-1)}, 22_{-n}$ のパターンングをした後、連結帯 (放熱帯) $21_{-1}, 21_{-2}, 21_{-3}, \dots, 21_{-(n-1)}, 21_{-n}$ の部分が厚さ $t_R = 80 \sim 150\ \mu\text{m}$ となるまで追加のメッキをすれば良い。

【0029】

図5では、ヒューズリンクの直列抵抗 (全抵抗) $r_e = 1.5\text{ m}\Omega, 3\text{ m}\Omega, 5\text{ m}\Omega$ の場合について、それぞれ $I^2 t$ 値の分割 S 値依存性が示されている。例えば、直列抵抗 (全抵抗) $r_e = 5\text{ m}\Omega$ の場合では、 $S = 24$ で $I^2 t = 350$ となり $S = 4$ の場合に比して $I^2 t$ 値が $1/10$ になっていることが分かる。

【0030】

図6は $P = 8$ 及び $P = 32$ の場合について、それぞれ全 $I^2 t$ 値の分割 S 値依存性を示すが、 $P = 32$ の場合の方が $P = 8$ の場合より全 $I^2 t$ 値の分割 S 値依存性が大きく、 $S - P$ 相乗効果が認められる。図6において、並列配置方向に測った遮断部の幅は 8 mm である。 $P = 8$ の場合、図6の a 点で示した $S = 4$ の場合、全 $I^2 t = 4500$ であり、b 点で示した $S = 24$ の場合、全 $I^2 t = 240$ であるので $b/a = 1/19$ の全 $I^2 t$ 値の改善が認められる。一方、 $P = 32$ の場合、図6の a 点で示した $S = 4$ の場合、全 $I^2 t = 4500$ であり、c 点で示した $S = 24$ の場合、全 $I^2 t = 80$ であるので $c/a = 1/56$ の全 $I^2 t$ 値の改善が認められ、 $S - P$ 相乗効果により、分割 P 値の大きい方が、全 $I^2 t$ 値の分割 S 値の増大による改善の効果が高いことが分かる。現在、AC600V用ヒューズでは、 $S = 6, P = 8$ ($6S8P$) が高性能ヒューズとされているが、図6で a' 点で示した $6S8P$ の全 $I^2 t = 1800$ であるので、 $c/a' = 1/13$ となり、1桁以上の顕著な全 $I^2 t$ 値の改善が認められる。

【0031】

以上の如く、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクによれば、従来の常識値 $1 \sim 1.2/100\text{ V}$ を越えた、 $1.5/100\text{ V}$ 以上の分割 S 値を持つヒューズを提供できる。ここで「 $1.5/100\text{ V}$ 以上の分割 S 値」は、分割 S 値が実効電圧 100 V 当たり 1.5 以上であることを示す。図5及び図6からは、 $2/100\text{ V}$ 以上の分割 S 値を持つヒューズを提供できることが分かる。

【0032】

図6において現用ヒューズの性能は $6S8P$ の (a' 点) 付近と考えると、その値は $5\text{ m}\Omega$ で規格化した等価 $I^2 t$ 値で $1600\text{ A}^2\text{ s}$ となるから、この値を 100 とする。c 点 ($24S32P$) の $6\text{ m}\Omega$ における全 $I^2 t$ 値 $= 79\text{ A}^2\text{ s}$ は、 $5\text{ m}\Omega$ で規格化した等価 $I^2 t$ 値で $114\text{ A}^2\text{ s}$ となる (表2参照。) が、この $114\text{ A}^2\text{ s}$ の値は a' 点の 7

10

20

30

40

50

、1%となる。このように10%以下の非常に小さな $I^2 t$ 値は、実用的には不必要な過剰値となる場合が多い。このため、工業的には、最小断面積を大きくして定格を上げ、コストダウンを考えることが実用上必要である。

【0033】

本発明のヒューズリンクは立体的に作られ、しかも微細加工が必要なので、その製造コストは少なくとも従来費の1.5倍のコストアップになると推定される。同じ容器にして定格電流値を1.5倍に出来れば、本発明のヒューズリンクの立体化によるコストアップ分を吸収して、更に現用品に対する容器代と組み立て工賃が少なくなる分で、コストダウンが促進される事になる、そこで1.5倍の定格電流を実現するためには抵抗値を $1/1.5^2$ と小さくしなければならない。これは又、狭小部断面積を $(1.5)^2 = 2.25$ 倍大きくすることにより、更にその $I^2 t$ 値は $(2.25)^2 = 5.06$ 倍大きくなる。

10

【0034】

図6の分割P値=32Pの特性上で、1.5/100Vはデータポイントはないが、分割S値=9Sの内挿点(e点)が1.5/100Vに対応する。e点の $I^2 t$ 値は、5mで規格化した等価 $I^2 t$ 値で表すと、グラフ上、上方にシフトし、 $460 A^2 s$ である。この時点で断面積換算で $I^2 t$ 値が5.06倍になると仮定すると、その時の $I^2 t$ 値は $400 A^2 s \times 5.06$ 倍となり、5mで規格化した等価 $I^2 t$ 値の $2328 A^2 s$ に対応する。この値は現用ヒューズの等価 $I^2 t$ 値の $1600 A^2 s$ を超えるので、1.5倍のコストアップの仮定のもとでは、あまり魅力のあるヒューズにはならない。しかし、分割S値を10Sにすると、5mで規格化した等価 $I^2 t$ 値が $330 A^2 s$ となり、 $330 \times 5.06 = 1670 A^2 s$ となるので現用ヒューズに匹敵する値となり、一転して良いヒューズになる。

20

【0035】

製造コストのコストアップ率をどのように見積もり、抵抗値の減少分をどのように見積もるかにも依存するが、上記の様にS分割効果は著しい変化をもたらす。製造コストのコストアップ率が1.5倍程度の前提では、分割S値=9Sが、製造コストを鑑みた工業的観点から、顕著な効果を奏する臨界値と評価される。より現実的には、分割S値=10Sが、工業的観点から評価される顕著な効果を奏する、臨界値となる。

【0036】

図7はS=6の場合について、全 $I^2 t$ 値の分割P値依存性を示すが、分割P値の増大とともに全 $I^2 t$ 値が減少し、P=16で全 $I^2 t$ 値が最小となるが、P=32の場合、全 $I^2 t$ 値が再び増大することを示す。図7のヒューズリンクは、並列配置方向に測った遮断部の幅が8mmであるが、分割P値の再増大は、遮断部 22_{-1} , 22_{-2} , 22_{-3} , ... , $22_{-(n-1)}$, 22_{-n} における再点弧が原因と考えられる。又、分割P値の増大に伴う点弧の熱干渉、アーク干渉も考えられるが、分割S値を増大することにより、S-P相乗効果により、図7の破線で示すように、これらの影響を抑制し、全 $I^2 t$ 値が再び増大しないようにできる。

30

【0037】

図7のd点で示したP=5(6S5P)の現在のAC600V用高性能ヒューズの全 $I^2 t = 2160$ と読めるので、この値と図6のc点(24S32P)の全 $I^2 t = 80$ とを比較すれば、 $c/d = 80/2160 = 1/29$ となり、1桁以上の顕著な全 $I^2 t$ 値の改善が、AC600V用ヒューズで認められる。

40

【0038】

図8に示すグラフでは、6S5P型のヒューズリンクの $I^2 t$ 値を100%として基準化して、分割P値の異なるヒューズリンクの $I^2 t$ 値を比較している。図8より分かるように、16Pまでは分割P値の増加に伴い $I^2 t$ 値が減少しているが、16Pより更に分割P値が増加すると、実験値のパラッキが大きく不安定域に入る事が分かる。図7及び図8で説明したP分割効果は、定常現象での話である。接地棒の場合は棒数を多くすれば飽和特性となるだけであったが、P分割効果の場合は効果が飽和する事だけでなく、分割P値をさらに多くすると図7及び図8に示すように、現象が不安定となり、それ以上は効果

50

が逆転し $I^2 t$ 値が増大する場合がある。接地抵抗の場合は定常現象だけの解析であるから、一連の並列帯のみを扱うが、ヒューズリンクは電流を遮断する責任を持っているので、過渡特性(遮断特性)についても調べる必要がある。遮断となると単独の並列帯だけでは遮断はできない。直列数 S 個からなる並列帯の共同作業で遮断を行う事になるので、全 S P の遮断現象によって過渡特性を知る必要がある。

【 0 0 3 9 】

表 1 に示したように、分割 P 値 = $8 P$ に対する分割 S 値 = $2 4 S$ 時の $5 m$ で規格化した等価 $I^2 t$ 値は $3 9 0 A^2 s$ であるのに対し、分割 P 値 = $3 2 P$ とした場合の分割 S 値 = $2 4 S$ 時の $5 m$ で規格化した等価 $I^2 t$ 値は、表 2 に示したように、 $1 1 4 A^2 s$ となっている。その比は $1 1 4 / 3 9 0 = 1 / 4$ となる。もしも S, P 分割効果が独立であるとすれば、 $2 4 S 8 P$ 時の S 分割効果による等価 $I^2 t$ 値は $3 9 0$ であるから、飽和した P 分割効果 $8 0 \%$ を掛けても等価 $I^2 t$ 値は $3 1 2$ にしかならない。その違いは S 分割効果によって P 分割効果が不安定域には入らず、更に伸びてゆくために現れた「 S, P 相乗効果」である。「 S, P 相乗効果」は、その後の各種試験によって S 分割効果によって、並列帯に S 分割効果の影響で遮断性能が良くなり、再発弧現象を抑制する働きがあるためと推測している。

10

【 0 0 4 0 】

図 9 は、 $S = 6, P = 3 2 (6 S 3 2 P)$ のヒューズの遮断実験のオシログラム波形であるが、電流波形に瘤が見られ、再点弧が発生していることが分かる。図 1 0 は、図 9 と同一の遮断試験回路を用いた場合の $S = 1 6, P = 8 (1 6 S 8 P)$ のヒューズの遮断実験のオシログラム波形であるが、同様に電流波形に瘤が見られ、再点弧が発生しているが、図 1 1 に示すように、 $S = 2 4, P = 8 (2 4 S 8 P)$ とすると、図 9 と同一の遮断試験回路による遮断試験において、電流波形の瘤が消え、再点弧が抑制されたことが分かる。図 9 ~ 図 1 1 に示したヒューズリンクは、定格電圧 $6 0 0 V$ 、定格電流 $4 0 \sim 6 0 A$ 、推定短絡電流 $1 0 0 k A$ の遮断試験回路で試験し、限流値 $I_m = 2 0 0 0 \sim 8 0 A$ のものである。

20

【 0 0 4 1 】

本発明の実施の形態に係るヒューズリンクにおける単位ヒューズに着目し、1 個のアーク電圧を考えて見ると、図 1 2 の如く考えるのが最も妥当かと推考される。電極降下電圧 V_p は低圧放電では空間電荷によって発生する電圧であるが、ヒューズアーク現象の様に高温、高圧、過渡現象である場合でも、同様に高い電圧降下が発生するかどうかは知られていない。プラズマ降下の中に電圧に逆比例した $d v / d t$ の上昇効果が、 S 分割効果として存在する可能性もあるが、ここでは、電極降下電圧 V_p を検討してみる。各ヒューズリンクのアーク電圧構成は、アーク柱電圧 V_{ai} 、電極降下電圧 V_{pi} として、動作過電圧値 V_m を考えると：

30

$$V_m = V_{ai} + V_{pi} \quad \dots (3)$$

となる。ここで電極降下電圧 V_{pi} は、陰極降下電圧 $V_{pi} / 2$ と陽極降下電圧 $V_{pi} / 2$ の和である。具体的には、

40

- 4 S 8 P ヒューズの構成式は $V_{m4} = V_{a4} + V_{p4} \quad \dots (4 a)$
- 8 S 8 P ヒューズの構成式は $V_{m8} = V_{a8} + V_{p8} \quad \dots (5 a)$
- 1 2 S 8 P ヒューズの構成式は $V_{m12} = V_{a12} + V_{p12} \quad \dots (6 a)$
- 1 6 S 8 P ヒューズの構成式は $V_{m16} = V_{a16} + V_{p16} \quad \dots (7 a)$
- 2 4 S 8 P ヒューズの構成式は $V_{m24} = V_{a24} + V_{p24} \quad \dots (8 a)$

ここで式 (4 a) ~ (7 a) に、それぞれ表 1 の実験値を入れると、式 (4 b) ~ (8 b) が得られる：

50

$$\begin{aligned}
 918V &= 4V_{a4} + 4V_{p4} && \dots (4b) \\
 1072V &= 8V_{a8} + 8V_{p8} && \dots (5b) \\
 1260V &= 12V_{a12} + 12V_{p12} && \dots (6b) \\
 1347V &= 16V_{a16} + 16V_{p16} && \dots (7b) \\
 1938V &= 24V_{a24} + 24V_{p24} && \dots (8b)
 \end{aligned}$$

式(4b)～(8b)でアーク柱を流れる電流は外部定数で決定され、一定であるから総合アーク長 L_t を同一にする為には総溶断長 L の L を分割数の逆比で小さくすれば良い。その結果、

$$4V_{a4} = 8V_{a8} = 12V_{a12} = 16V_{a16} = 24V_{a24} \quad \dots (9)$$

と同一値となるので、「式(5b)」-「式(4b)」を計算すると、

$$8V_{p8} - 4V_{p4} = 1072V - 918V = 154V \quad \dots (10)$$

となる。電極降下電圧 V_{p_i} も同じアーク電流が流れている限り略同一の値と推定される。4S8P対8S8P, 8S8P対12S12Pのようにお互いに隣り同志の電極降下電圧 V_{p_i} 値は更に近いと考えると、

$$V_{p4} = V_{p8}, V_{p8} = V_{p12}, V_{p12} = V_{p16}, V_{p16} = V_{p24} \quad \dots (11)$$

となる。(10)式は大略 $V_{p8} = 159V$ と考えて良いので、 $V_{p4} = V_{p8} = 38.5V$ となる。同様に V_{p12} 、 V_{p16} 、 V_{p24} の値を求め、図13にこれをプロットする。点 a, b, c, d, が求められたものである。特性としては図13に図示した点線Cの如くなる。更に、表1において測定された動作過電圧値 V_m をプロットするとA特性の様になり、これに計算して出した V_p 値に、それぞれの分割数を掛けて総合極降下値 V_p を計算した結果を、図13中にプロットするとB特性のようになる。故にA特性とB特性の差はアーク特性 V_a で、4Sから24Sまで一定値であり、またC特性は極降下特性で24Sの短アーク値ではやや小さくなる事が分かる。 $I^2 t$ 値のS分割効果もこの様な僅かな飽和特性である事で一致する。

【0042】

図14は、図6から誘導されたもので、X軸を分割P値とし、パラメーターを分割S値としている。P分割効果はS分割効果よりかなり緩やかに変化するので、両対数グラフ上で直線近似とする。パラメーターとしての分割S値が24Sの特性の10P点の $I^2 t$ 値は、5m で規格化した等価 $I^2 t$ 値で表すと、図14のグラフ上、上方にシフトし、 $280A^2 s$ になる。製造コストのコストアップ率から抵抗値の減少分を見積り、定格電流値を1.5倍にすると、最小断面積は $(1.5)^2$ 倍にする必要があることは、前述したとおりである。定格電流値を1.5倍にしたときの、 $I^2 t$ 値は5.6倍悪くなるので、その場合の5m で規格化した等価 $I^2 t$ 値は 280×5.6 倍 = $1417A^2 s$ となる。 $1417A^2 s$ の値は、現用ヒューズに対し $1417 / 1600 = 89\%$ と未だ多少の優位性を持っている。したがって、製造コストを鑑みた工業的観点から、10分割P値が、顕著な効果を奏する臨界値と評価される。この値は12P/cmに相当するものとなる。

【0043】

具体的には、AC600V用ヒューズの分割S値は6～7Sが常識であるのに対し、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクによれば、AC600V用ヒューズの分割S値は24S～32Sが可能である。又、AC6000V用ヒューズでは60～70Sが、従来の常識であるが、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクによれば、148～198S

10

20

30

40

50

が実現できる。

【0044】

(実装構造)

図15は、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクの実装構造の一例を示す。図15では3枚のヒューズリンク1a, 1b, 1cが内キャップ2a, 2bに設けられた矩形のスリットを介して固定されている。そして、絶縁管5の両端を閉じるように内キャップ2a, 2bが絶縁管の両端に被せられ、内キャップ2a, 2bの外側にヒューズ端子4a, 4bをそれぞれ有する外キャップ3a, 3bが嵌め込まれることにより、ヒューズ筒を構成している。

【0045】

上述したように、本発明の実施の形態に係るヒューズリンクによれば、全 I^2t 値を従来ヒューズの $1/10$ にも小さくすることができるので、設計上、電流に余裕が生じる。このため、全 I^2t 値を所望値以下に維持しつつ、遮断部狭小帯の最小幅 b を大きくすることにより、定格電流を増大できる。即ち、一枚のヒューズリンクに流れる定格電流を2倍にすることも容易であるので、図15に示すように、ヒューズリンクの実装構造における用いるヒューズリンクの枚数を半分以下にして、実装構造(ヒューズ筒)の小型化と低コスト化を図ることが可能である。

【0046】

(その他の実施の形態)

上記のように、本発明は本発明の実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面は本発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な態様や代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。したがって、本発明はここでは記載していない様々な態様や実施の形態等を含むことは勿論であり、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

【産業上の利用の可能性】

【0047】

本発明ヒューズリンクは、GTOサイリスタやIGBT等の半導体スイッチングデバイスの保護用のヒューズとして、大電力用電源、電力用DC-DCコンバータ、電力用DC-ACコンバータ、電力用AC-DCコンバータ、汎用インバータ、無停電電源、自動車や電車等の車両のモータ制御用電源、船舶のモータ制御用電源、種々の産業用モータの駆動電源、NCマシンやロボットなどのパワーエレクトロニクス機器、あるいは、これらの電源やパワーエレクトロニクス機器の電力制御装置や周辺端末機器の分野に利用可能である。

10

20

30

【 図 1 】

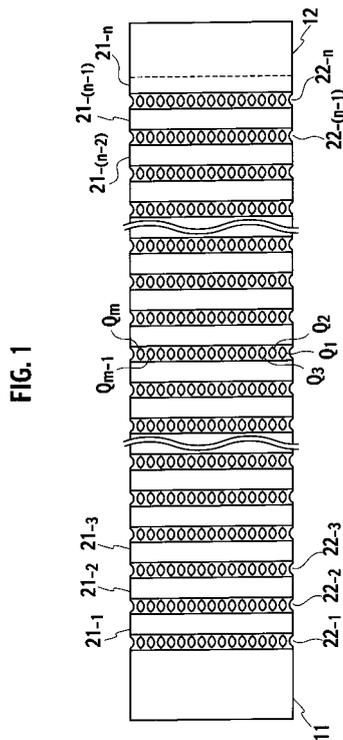


FIG. 1

【 図 2 】

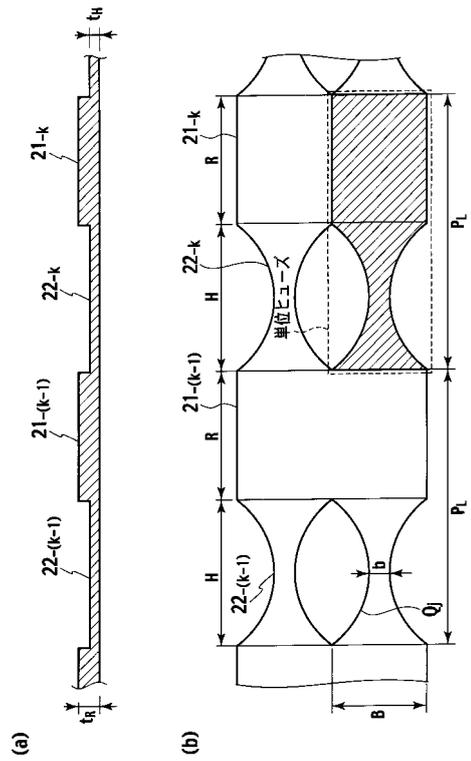


FIG. 2

【 図 3 】

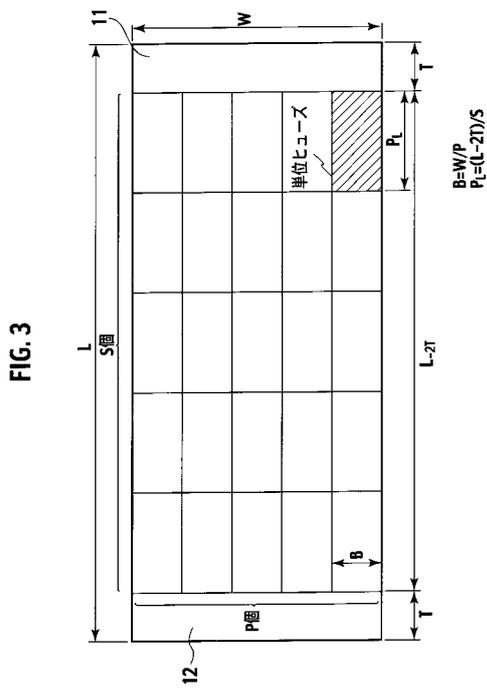


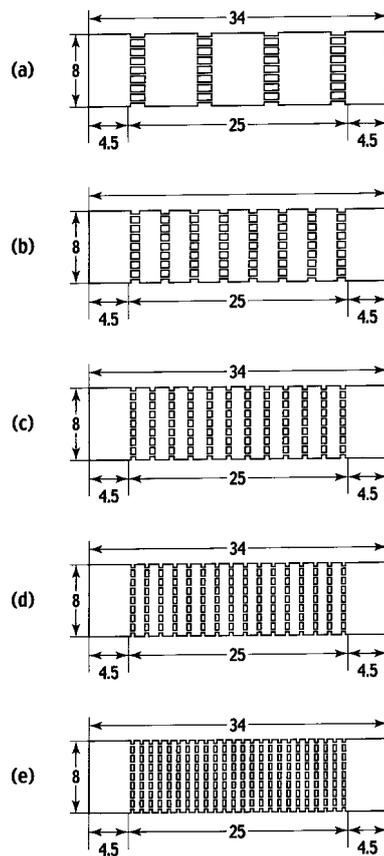
FIG. 3

$$B = W/P$$

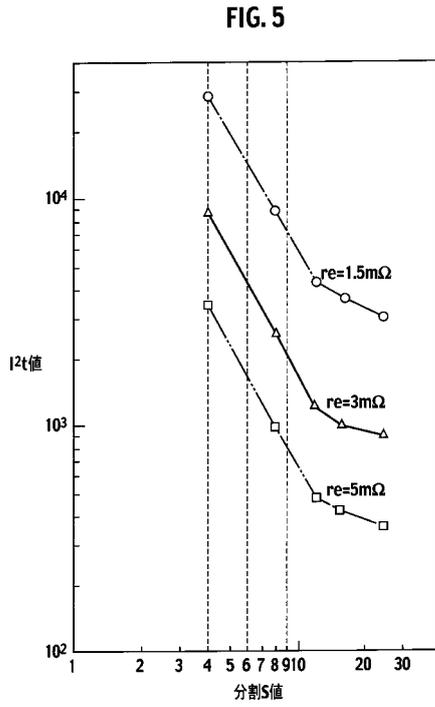
$$Pl = (L - 2T)/S$$

【 図 4 】

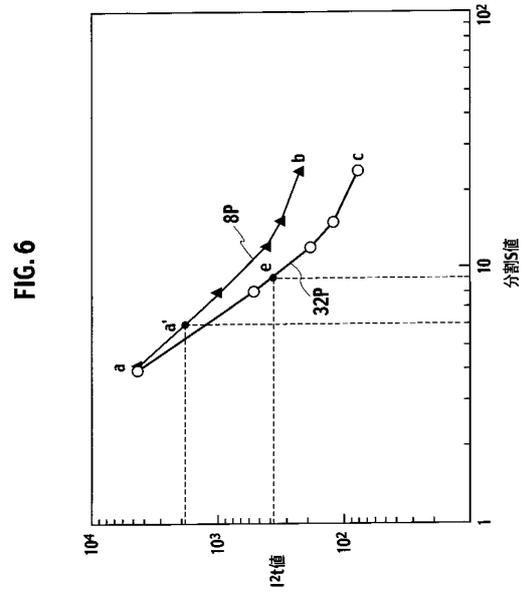
FIG. 4



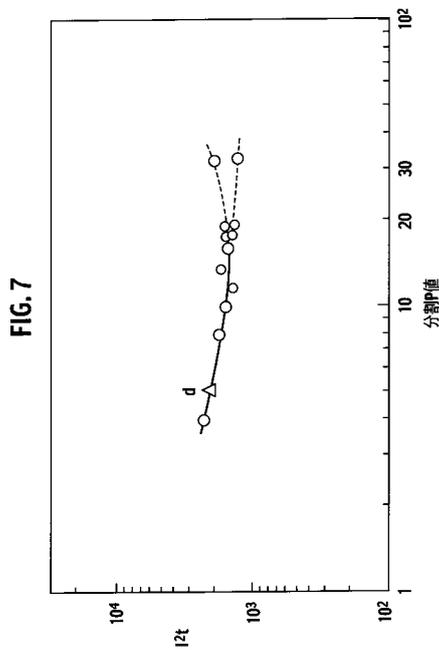
【 図 5 】



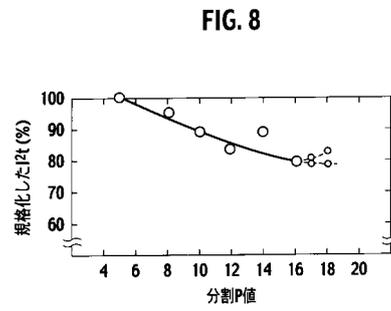
【 図 6 】



【 図 7 】

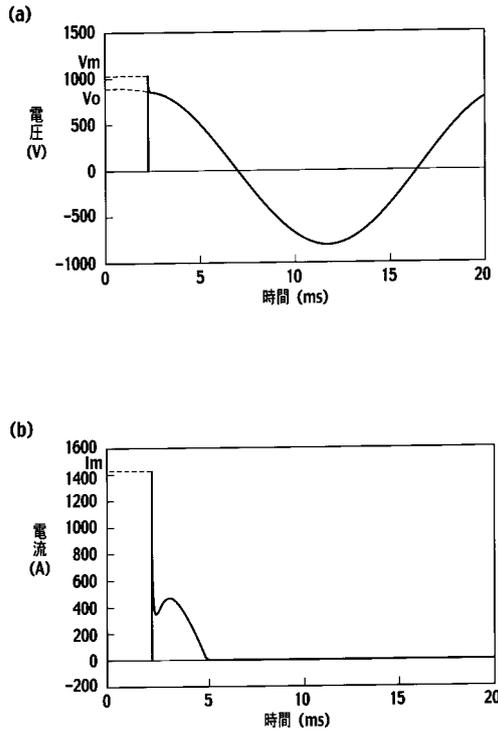


【 図 8 】



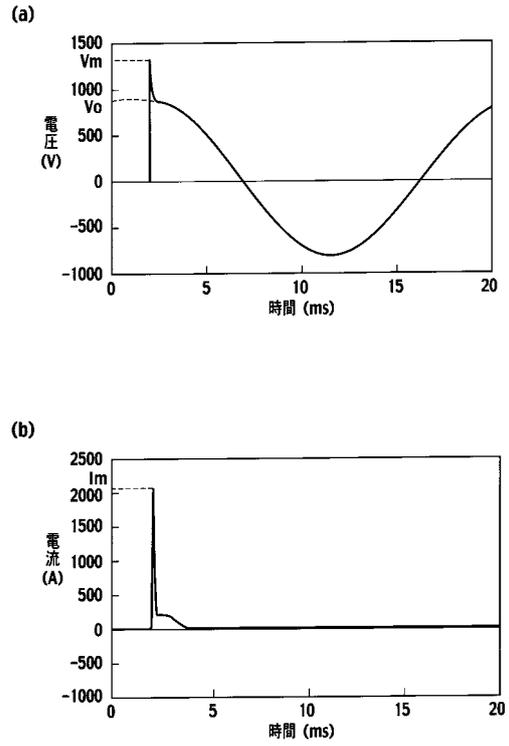
【 図 9 】

FIG. 9



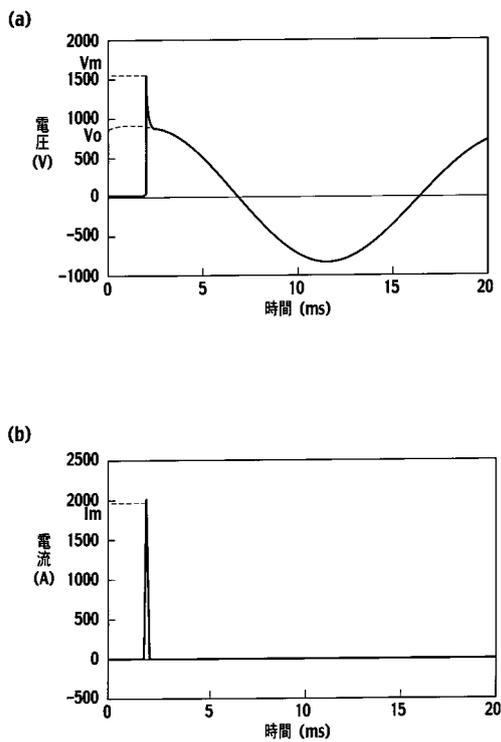
【 図 10 】

FIG. 10



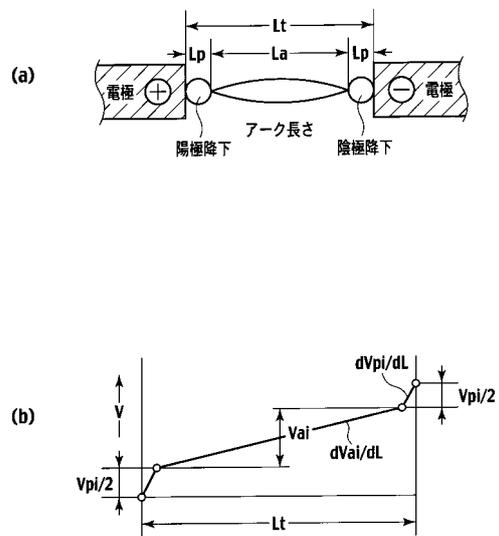
【 図 11 】

FIG. 11



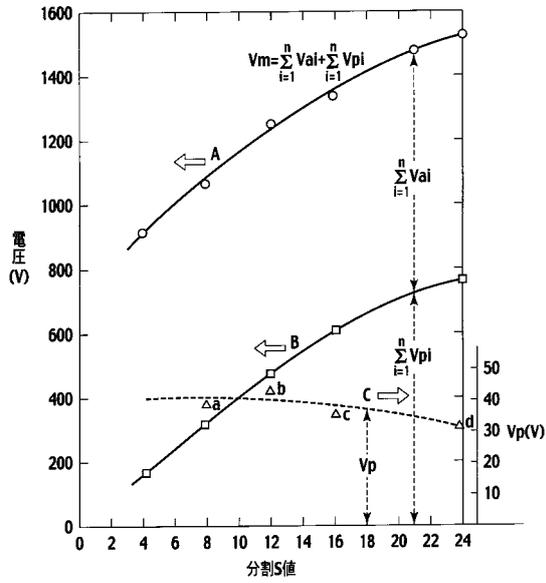
【 図 12 】

FIG. 12



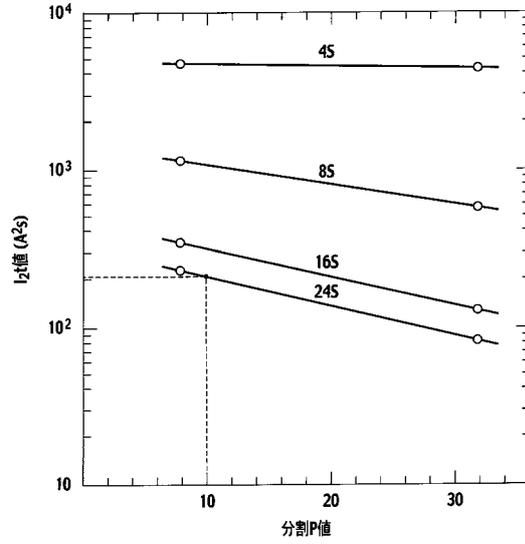
【 図 1 3 】

FIG. 13



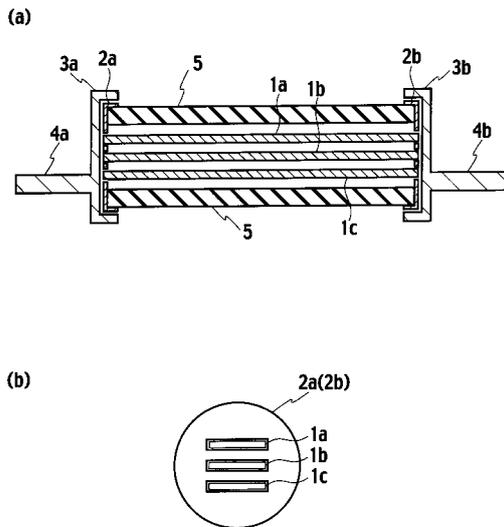
【 図 1 4 】

FIG. 14



【 図 1 5 】

FIG. 15



フロントページの続き

(72)発明者 石川 雄三
埼玉県さいたま市桜区下大久保2 5 5 国立大学法人埼玉大学内

審査官 出野 智之

(56)参考文献 特開2 0 0 6 - 0 7 3 3 3 1 (J P , A)
特表平0 8 - 5 1 2 4 2 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H01H 37/76

H01H 69/02

H01H 85/00-85/62

H01H 87/00