

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication : **2 631 752**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : **89 02672**

51 Int Cl<sup>4</sup> : H 02 H 9/02; H 01 H 87/00.

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22 Date de dépôt : 1<sup>er</sup> mars 1989.

30 Priorité : JP, 2 mars 1988, n° 47524/1988.

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 47 du 24 novembre 1989.

60 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

71 Demandeur(s) : Société dite : *KABUSHIKI KAISHA YAS-  
KAWA DENKI SEISAKUSHO.* — JP.

72 Inventeur(s) : Chiaki Matsubara ; Hirokuni Ishikawa ;  
Masao Ojima.

73 Titulaire(s) :

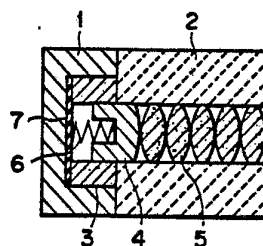
74 Mandataire(s) : Cabinet Weinstein.

54 Dispositif limiteur de courant de défaut.

57 L'invention concerne un dispositif limiteur de courant de  
défaut.

Selon l'invention, il comprend un récipient tubulaire 2 formé  
d'un corps isolant, des électrodes 1 et 3 formés en un  
matériau conducteur qui sont prévues aux extrémités opposées  
du récipient tubulaire et des matériaux 5 se sublimant à haute  
température reçus dans le récipient tubulaire en étant placés  
en contact les uns avec les autres afin de produire une  
conduction électrique d'une électrode à l'autre.

L'invention s'applique notamment à la protection contre les  
courts-circuits ou les courants de surcharge.



FR 2 631 752 - A1

D

La présente invention se rapporte à un dispositif limiteur de courant de défaut, où, dans un circuit d'énergie, un courant de court-circuit ou un courant de surcharge au moment d'une perturbation est limité à une valeur prédéterminée pour ainsi réduire une dégradation mécanique provoquée par une force électromagnétique et une dégradation thermique provoquée par la chaleur de Joule, et empêcher un désastre secondaire résultant de ces dégâts.

Comme appareil pour limiter le courant de court-circuit au moment de la perturbation, il existe jusqu'à maintenant un fusible de puissance et un sectionneur qui lui est connecté en série.

Ce fusible a un élément en argent et l'élément en argent fond à chaque opération de limitation de courant. Par conséquent, le fusible ne peut être utilisé de manière répétée et doit être remplacé.

Par ailleurs, comme art antérieur qui surmonte les inconvénients ci-dessus décrits, il y a les limiteurs de courant du type à auto-restauration qui emploient, comme matériau de limitation de courant, du mercure qui est un métal ayant un faible point de fusion (par exemple, Publication du Brevet Japonais N° 10643/1962), ou un métal alcalin (par exemple Publication du Brevet Japonais N° 25432/1971), et un sectionneur ou un disjoncteur qui est connecté en série avec lui.

Dans le limiteur de courant du type à auto-restauration ci-dessus décrit utilisant un métal à faible point de fusion, le métal à faible point de fusion est vaporisé par la chaleur de Joule elle-même dans le courant de court-circuit et changé en un plasma ayant une haute température et une haute pression atmosphérique pour produire une fonction de limitation de courant. Par conséquent, un récipient résistant aux hautes pressions, ayant une portion isolante, devient nécessaire, ce qui donne lieu à un problème de tension supérieure.

Par ailleurs, le métal à faible point de fusion utilisé comprend ceux qui affectent de manière néfaste le corps humain et ont une forte propriété de réaction, qu'il faut manipuler avec soin.

5 Par ailleurs, avec l'augmentation de la demande d'énergie, le courant nominal qui est toujours le courant de charge normale augmente également. Par conséquent, dans le cas du fusible conventionnel ci-dessus mentionné, si une étude est faite avec un courant nominal accru,  
10 cela implique un inconvénient par le fait que la fonction de limitation de courant est détériorée.

Normalement, étant donné ce qui précède, dans le dispositif limiteur de courant, des mesures sont prises comme mentionné ci-dessous afin de ne pas diminuer  
15 la fonction de limitation de courant.

En effet, une portion porteuse de courant de charge est séparée d'une portion de limitation de courant, la portion porteuse de courant de charge utilisant un contact qui est ouvert et fermé rapidement. Un  
20 conducteur porteur de courant de charge est rapidement fondu par un explosif.

Alternativement, il y a une méthode dans laquelle une portion porteuse d'un courant de charge et une portion de limitation de courant sont intégralement  
25 formées et des ailettes de refroidissement sont disposées séparément ou bien de l'eau de refroidissement est mise en circulation afin de supprimer la production de chaleur due à l'excitation (Demande de Brevet au Japon publiée avec examen N° 134354/1979).

30 La présente invention est basée sur le système ci-dessus décrit où une portion porteuse d'un courant de charge est séparée d'une portion de limitation de courant. La présente invention a pour objet de produire un limiteur de courant qui ne doit pas nécessairement  
35 être remplacé comme dans un fusible conventionnel mais qui puisse être utilisé de manière répétée.

La présente invention a pour autre objet de produire un limiteur de courant qui est différent d'un fusible conventionnel du type à auto-restauration par son principe, et où un effet requis de limitation de courant peut être induit dans un récipient ouvert ou fermé d'un isolant vers une plus haute tension, et où le corps humain n'est pas affecté de manière néfaste par le matériau utilisé pour la limitation du courant.

Pour atteindre l'objectif ci-dessus, la présente invention offre un agencement comprenant un organe de limitation de courant où un récipient isolant contient une paire d'électrodes qui y sont disposées, un certain nombre de matériaux qui se subliment à un état de haute température, par exemple, des morceaux de carbone ou de graphite, sont électriquement disposés en série en contact les uns avec les autres en une rangée ou bien un certain nombre de ces agencements en série sont placés en contact les uns avec les autres en mode en parallèle, entre lesdites électrodes, et un organe d'électrode mobile est prévu sur l'une ou les deux de ladite paire d'électrodes de manière qu'une pression prédéterminée de contact soit appliquée à une couche limite entre les morceaux de carbone de l'organe de limitation de courant et qu'un espace requis soit maintenu entre les couches limites desdits morceaux de carbones.

La fonction de limitation de courant pouvant être utilisée de manière répétée sera décrite en prenant, à titre d'exemple, l'organe de limitation de courant où un certain nombre de morceaux de carbone en tant que matériaux qui se subliment à une haute température sont électriquement placés en contact en série ou en série et en parallèle entre deux électrodes.

La figure 1 montre schématiquement une partie où un certain nombre de morceaux de carbone sont électriquement placés en contact les uns avec les autres en série.

La lettre A désigne des morceaux de carbone, qui ont la forme d'une pierre pour le jeu go mais une forme sphérique, en poudre, en fibres ou autre forme peut être utilisée. La lettre B désigne une distribution de courant et C est une couche limite entre les morceaux de carbone.

D'abord, dans une région de faible courant, une valeur de résistance  $r_o$  de toute la portion de limitation de courant est déterminée par la somme totale d'une valeur de résistance  $\mathcal{E}r_a$  déterminée par la valeur de résistance spécifique et la forme et d'une valeur de résistance de contact  $\mathcal{E}r_b$  à une couche limite entre les morceaux de carbone, laquelle valeur ( $r_o = \mathcal{E}r_a + \mathcal{E}r_b$ ) indique un ordre élevé.

Pendant, dans une région de fort courant, du fait d'un courant de défaut, au début de l'écoulement de courant, à une valeur d'ordre élevée au même point que celle du faible courant ci-dessus mais momentanée, les morceaux de carbone sont chauffés à une haute température par chaleur de Joule et comme le coefficient de résistance à la température des morceaux de carbone est négatif, la somme des résistances ( $\mathcal{E}r_a$ ) de morceaux de carbone baisse de manière brusque.

Cette diminution de  $\mathcal{E}r_a$  joue un rôle très important parce que le courant du limiteur est décalé d'un contact porteur du courant de charge connecté en parallèle au limiteur de courant.

Ensuite, la portion de résistance de contact de la couche limite entre les morceaux de carbone reçoit une pression de contact par un ressort ou analogue. Lorsque le courant dépasse une valeur prédéterminée, un court intervalle d'arc se produit dans l'espace, et une chute de potentiel d'un point d'électrode est produite aux extrémités opposées de la couche limite.

En général, une chute de potentiel d'un arc entre les électrodes comprend une chute d'anode  $V_a$ , une chute de colonne d'arc  $V_b$  et une chute de cathode  $V_c$ , dont la valeur représente  $V_a + V_b + V_c$ .

5 La chute de colonne de l'arc  $V_b$  est principalement déterminée selon la distance entre les électrodes et le type du milieu, mais le gradient de potentiel est généralement léger.

10 Par ailleurs, un potentiel du point d'anode et du point de cathode est déterminé selon le matériau des électrodes, et le gradient de potentiel est aigu. Une multiplicité de chutes est produite électriquement en série par le court intervalle d'arc de gaz qui est produit dans la couche limite entre les morceaux de  
15 carbone.

La polarité de la chute de potentiel est un potentiel opposé à celui de la tension d'alimentation en courant qui limite le courant de défaut.

20 Ensuite, l'arc produit dans la couche limite entre les morceaux de carbone force la couche de carbone à se sublimer à une haute température, produit une pression vaporisée dans un espace de la couche limite, déplace l'électrode mobile et forme un intervalle requis dans la couche limite pour augmenter ladite couche de  
25 colonne de l'arc  $V_b$ .

La chute de colonne  $V_b$  a un court intervalle mais a une grande pression vaporisée dans un espace et par conséquent on peut s'attendre à une chute requise de potentiel. Cette fonction augmente de plus en plus la  
30 fonction de limitation de courant.

La figure 3 montre collectivement la fonction ci-dessus mentionnée de limitation de courant.

35 Sur la figure 3,  $V$  représente une tension d'alimentation en courant,  $R$  une impédance du circuit,  $I$  un courant de défaut,  $r_o$  la somme totale de la portion de résistance d'un organe de limitation du courant et

$(V_a + V_b + V_c) \times n$ , la somme totale quand le nombre  $n$  de chutes de potentiel d'électrode et de chutes de colonne d'arc est en série.

5 Au début de la présence du courant de défaut, un contact porteur de courant de charge  $S$  est connecté en parallèle au présent limiteur de courant, et le courant de défaut  $I$  à ce moment est  $I = V/R$ .

10 Quand le contact  $S$  est activé pour être ouvert par un dispositif d'entraînement du contact  $S$  installé séparément et non représenté à la figure 3, le limiteur de courant doit être inséré en série dans le circuit et le courant de défaut est limité à :

$$I = (V - (V_a + V_b + V_c) \times n) / (R + r_o)$$

15 La fonction utilisable de manière répétée sera décrite ci-après.

Comme matériau qui a une conductivité et se sublime à une haute température, on peut mentionner le carbone. Les caractéristiques électriques principales dans la couche limite des morceaux de carbone sont comme  
20 suit :

1. il n'y a ni soudage par fusion ni formation d'un film d'oxyde ;
2. même si la surface est consommée par l'arc, elle peut conserver une régularité  
25 relative ;
3. la résistance de contact sous une légère pression de contact est relativement importante ;
- 30 4. comme un arc d'intervalle court est produit en comparaison avec d'autres méthodes, une longueur minimale de courant de l'arc  $I_{\min}$  est extrêmement petite.

La plus grande fonction de l'usage répété est que la fusion ne se produit pas dans la couche limite (caractéristique 1). Dans le cas d'autres métaux, une fusion se produit et une solidification se produit. Une  
5 couche limite entre morceaux de métal n'est pas formée, ce qui empêche d'accomplir l'usage répété.

Pour la caractéristique (2), même si la surface est consommée par l'arc, la couche limite est lisse. Par conséquent, le champ électrique n'est pas concentré dans  
10 la résistance à la pression d'isolement après l'opération de limitation du courant. Des tensions supérieures peuvent être utilisées.

Pour la caractéristique (3), selon la présente invention, en particulier, dans une région de courant  
15 important, un contact porteur de courant de charge est prévu en parallèle pour ainsi résoudre le problème.

Pour la caractéristique (4), l'arc d'intervalle court a tendance à se produire, partant d'un petit courant, et une chute d'électrodes qui est la fonction de  
20 limitation de courant a tendance de se produire, partant d'un petit courant. Dans la présente invention, une pression de contact est appliquée afin de déterminer le moment du début de la limitation du courant.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres  
25 buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant plusieurs modes de réalisation de l'invention,  
30 et dans lesquels :

- la figure 1 est une vue expliquant le principe de la présente invention ;

- la figure 2 est une vue montrant les caractéristiques de chute de potentiel d'un arc entre  
35 électrodes ;

- la figure 3 montre un circuit de limitation du courant ;

- la figure 4 est une vue en coupe d'un mode de réalisation selon la présente invention ;

5 - la figure 5 est une vue en coupe d'un autre mode de réalisation selon la présente invention ;

- la figure 6 est une vue en coupe d'un autre mode de réalisation selon la présente invention ;

10 - la figure 7 est un circuit équivalent d'un circuit de limitation de courant qui emploie un produit selon la présente invention ;

- les figures 8a, 8b et 8c montrent des courbes de tension, courant et résistance, respectivement, présentant le fonctionnement du circuit de limitation de courant montré à la figure 7 ; et

15 - la figure 9 montre les formes d'onde de la courbe tension-courant de la caractéristique de limitation de courant montrée à la figure 8.

20 On décrira d'abord un mode de réalisation pour atteindre l'objectif ci-dessus de la présente invention.

Les figures 4 à 6 respectivement montrent les modes de réalisation selon la présente invention. Le chiffre de référence 1 désigne une électrode qui sert également de récipient à l'extrémité. 2 désigne un récipient tubulaire en un matériau isolant, dans lequel sont reçus des morceaux de carbones dans son espace interne, les morceaux ayant la forme de pierres pour go dans le mode de réalisation montré à la figure 4, une forme sphérique 10 dans le mode de réalisation montré à la figure 5 et une forme pulvérulente 12 dans le mode de réalisation montré à la figure 6.

30 Le chiffre de référence 3 désigne une électrode en carbone de forme annulaire, qui est fixée à l'électrode 1 par ajustage à retrait, des vis et analogues. Le chiffre de référence 4 désigne une électrode mobile en

35

carbone, dont le diamètre externe est plus petit que le diamètre interne de l'électrode 3 et qui est conçue de façon à laisser un jeu.

5 L'électrode mobile en carbone 4 emploie un ressort 6 dans le mode de réalisation de la figure 4, un gaz comprimé 9 et un joint torique 8 dans le mode de réalisation de la figure 5 et un gaz comprimé 9 et un soufflet 11 dans le mode de réalisation de la figure 6, de manière qu'au moment de la non excitation et au moment  
10 d'un faible courant, une pression de contact soit appliquée et qu'au moment de l'excitation par un fort courant, un intervalle requis soit formé sous une pression vaporisée sublimée lorsqu'il se produit une chute de potentiel aux électrodes.

15 Dans les modes de réalisation ci-dessus décrits, les formes d'onde réelles de fonctionnement formées quand le ressort 6 montré à la figure 4 est appliqué en tant que récipient ou organe formant électrode mobile, et qu'un certain nombre de morceaux  
20 sphériques montrés à la figure 5 sont appliqués en tant que morceaux de carbone, sont montrées aux figures 8a, 8b et 8c où le temps est indiqué en abscisses et la tension, le courant et la résistance, respectivement, en ordonnées, et à la figure 9.

25 Un circuit expérimental est un système tel que montré à la figure 7, dans lequel un condensateur haute tension Cv est chargé à travers une diode haute tension D et la charge électrique de Cv est déchargée vers une unité d'échantillonnage Sp (qui n'a pas contact porteur  
30 de courant de charge ni de contact sélectionneur et seul l'organe limiteur de courant de la présente invention est prévu) à travers une unité de fermeture Sp pour forcer un courant continu important à s'écouler.

Pour la mesure, un shunt  $S_h$  est connecté en série avec l'unité d'échantillonnage  $S_p$  pour mesurer le courant  $i$  et un diviseur de tension  $PD$  est connecté en parallèle avec l'unité d'échantillonnage  $S_p$  pour mesurer la tension  $v$ .

Il est également prévu qu'un ordinateur de traitement de forme d'onde émette momentanément une courbe tension-courant pour la valeur de résistance  $r (= v/i)$ .

Comme formes d'onde de sortie, les figures 8a, 8b et 8c montrent les formes d'onde  $v$ ,  $i$  et  $r$  par rapport au temps et la figure 9 montre la caractéristique tension-courant à ce moment.

Les figures 8a à 8c montrent la forme d'onde de limitation de courant d'un courant continu important lorsqu'une tension de charge au condensateur haute tension  $C_v$  est de 3 kV.

D'abord, au début du courant important, la somme totale de la résistance  $r$  de l'organe de limitation du courant (unité d'échantillonnage  $S_p$ ) est d'environ 2,0 ohms et le courant augmente, et la résistance  $r$  diminue rapidement à 0,25 ohm car le coefficient de résistance à la température est négatif du fait de la chaleur de Joule (du point a au point b à la figure 9).

Ensuite, un certain nombre de chutes de potentiel d'électrodes se produit dans les morceaux de carbone pour former un intervalle requis dans la couche. Des chutes de colonne d'arc s'ajoutent aux chutes de potentiel d'électrodes et la tension  $v$  entre les bornes dans l'organe de limitation de courant est à peu près constante, ainsi le courant est fortement limité et la résistance  $r$  augmente rapidement (du point b au point c sur la figure 9).

Tandis que la résistance  $r$  augmente, le courant  $i$  prend une valeur nulle du fait de la fonction de limitation de courant et une charge individuelle dans le

condensateur haute tension Cv est maintenue appliquée à l'organe de limitation de courant (unité d'échantillonnage Sp) (point d sur la figure 9).

5 Avec l'opération ci-dessus décrite, les actions de limitation de courant et d'extinction sont positivement effectuées. On a pu confirmer par des expériences que l'opération ci-dessus mentionnée pouvait être effectuée cinq fois à des intervalles d'environ 1 minute pour obtenir les mêmes formes d'onde, ce qui rend  
10 l'usage répété possible.

La figure 9 montre la caractéristique tension-courant qui est la même que pour des résistances variables conventionnelles de ZnO, SiO, à partir de l'origine jusqu'aux points a et b, montrant les  
15 caractéristiques non linéaires. Dans le cas où l'organe de limitation de courant de la présente invention est considéré comme un élément, il peut être considéré comme un élément de résistance non linéaire. La fonction de limitation du courant du point b au point c a la même  
20 forme d'onde que celle d'un limiteur de courant conventionnel du type à auto-restauration mais l'action d'extinction du point c au point d et l'action de déconnexion après le point d représentent une action très importante de la présente invention, présentant des  
25 effets tels que même si la surface est consommée par l'arc qui est la caractéristique électrique du carbone, la régularité de surface est maintenue et l'organe formant électrode mobile est disposé de manière que l'intervalle requis soit maintenu par la pression vaporisée sublimée. L'agencement du contact porteur de  
30 courant de charge en parallèle avec l'organe de limitation de courant et l'agencement du contact sectionneur en série signifient la sécurité de fonctionnement.

Comme on l'a décrit ci-dessus, selon la présente invention, un remplacement du dispositif n'est pas requis comme dans un fusible conventionnel mais on peut l'utiliser de manière répétée. Comme l'on n'utilise pas un matériau nocif au corps humain comme dans le limiteur de courant du type à auto-restauration, l'utilisation pratique pendant le cours de la production est importante. Comme principe de fonctionnement, le métal n'est pas complètement vaporisé mais la chute de potentiel d'électrodes est utilisée, et par conséquent un récipient résistant à la pression ayant une grande couche isolante peut facilement être utilisé pour permettre l'emploi de tensions supérieures. Par ailleurs, comme le dispositif a une conductivité électrique qui est la caractéristique du carbone avec sublimation à haute température, il ne se produit aucune fusion dans la couche limite entre les morceaux de carbone ce qui rend possible l'usage répété. Comme l'organe formant électrode mobile est disposé de manière qu'au moment d'un petit courant ou au moment de la non-excitation, la pression requise de contact soit appliquée aux morceaux de carbone, et qu'au moment du courant important, l'intervalle requis soit produit par la pression vaporisée sublimée, le moment du début de limitation de courant ou la valeur de limitation de courant, et les performances d'extinction et de déconnexion peuvent être assurées.

RE V E N D I C A T I O N S

1. Dispositif limiteur de courant de défaut  
caractérisé en ce qu'il comprend un récipient tubulaire  
(2) formé en un corps isolant, des électrodes (1, 3)  
5 formées en un matériau conducteur, prévues aux extrémités  
opposées dudit récipient tubulaire et des matériaux (5)  
se sublimant à haute température, prévus dans ledit  
récipient tubulaire et qui y sont reçus tout en étant  
10 placés en contact les uns avec les autres afin de  
produire une conduction électrique d'une électrode à  
l'autre.

2. Dispositif selon la revendication 1,  
caractérisé en ce que les matériaux se sublimant à haute  
température comprennent du carbone.

15 3. Dispositif selon l'une quelconque des  
revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les  
matériaux se sublimant à haute température sont reçus  
dans le corps tubulaire (2) tout en étant électriquement  
20 placés en contact les uns avec les autres en une rangée.

4. Dispositif selon l'une quelconque des  
revendications précédentes caractérisé en ce que les  
matériaux se sublimant à haute température sont  
électriquement placés en contact les uns avec les autres  
en une rangée et un certain nombre de ces matériaux sont  
25 reçus dans leur récipient tubulaire (2) tout en étant  
connectés en parallèle.

5. Dispositif selon l'une quelconque des  
revendications précédentes caractérisé en ce qu'un corps  
coulissant (4) est prévu, formé en un matériau  
30 conducteur, dont un côté est porté en contact avec une  
paroi interne d'une électrode tandis que l'autre est  
porté en contact avec le matériau se sublimant à haute

température dans une portion creuse du récipient tubulaire et un corps élastique (6) est prévu entre la paroi interne de l'électrode et le corps coulissant.

5 6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le corps élastique se compose d'un ressort (6).

10 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le matériau se sublimant à haute température comprend des grains de carbone ou des grains de graphite.

FIG. 1

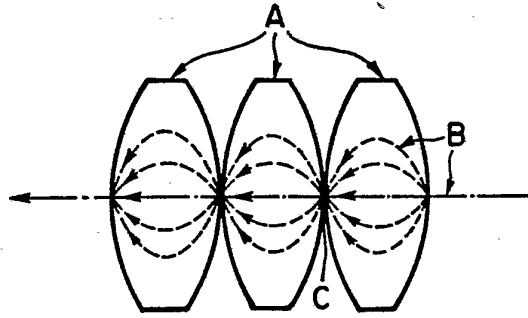


FIG. 2

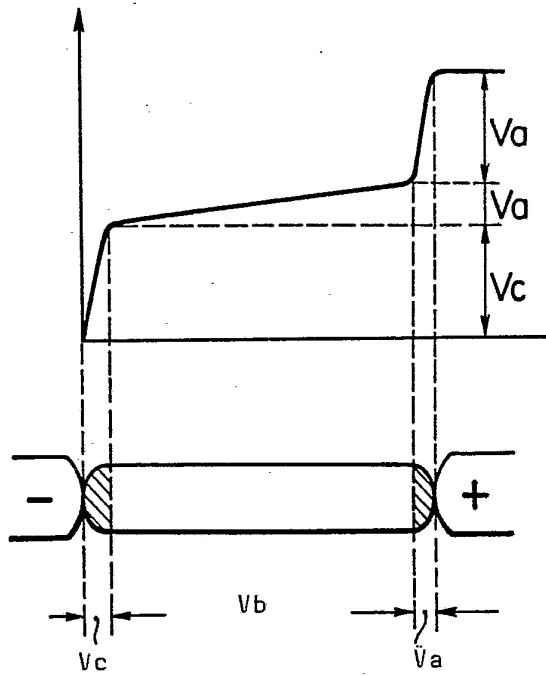


FIG. 3

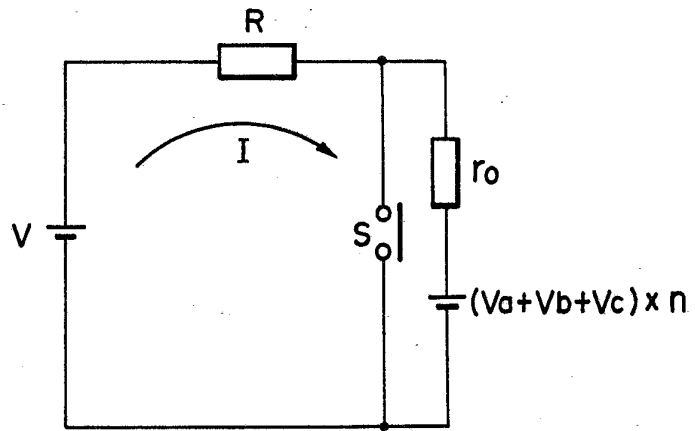


FIG. 7

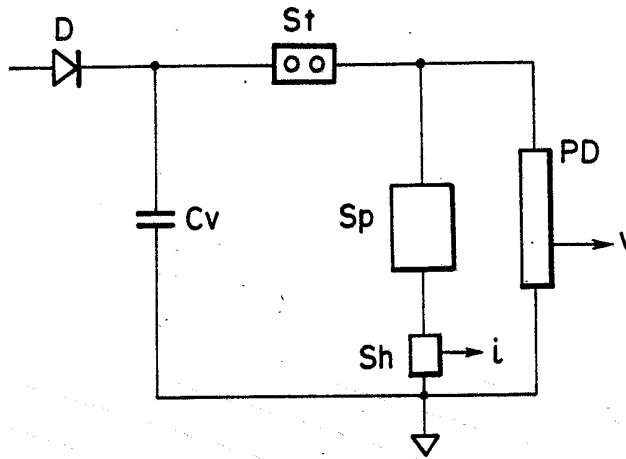
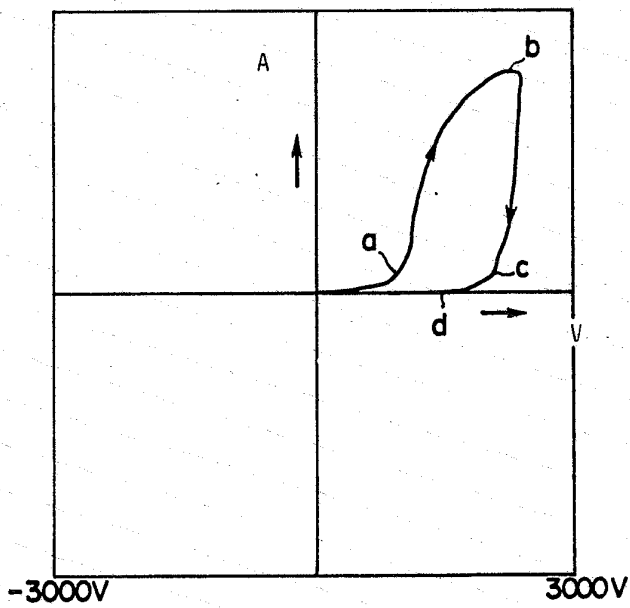
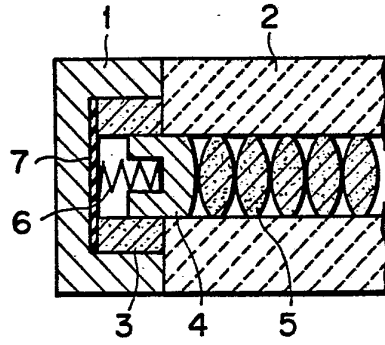


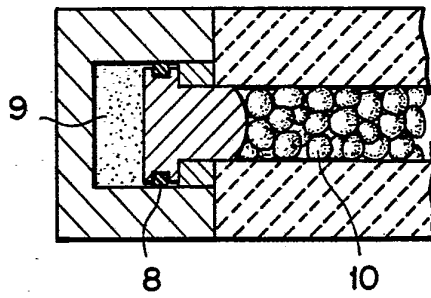
FIG. 9



**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**

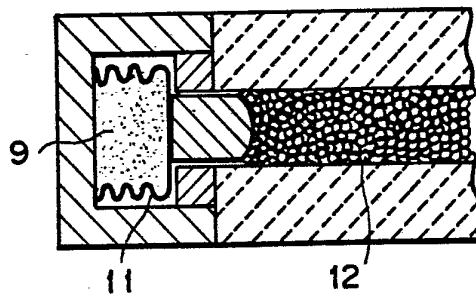


FIG. 8a

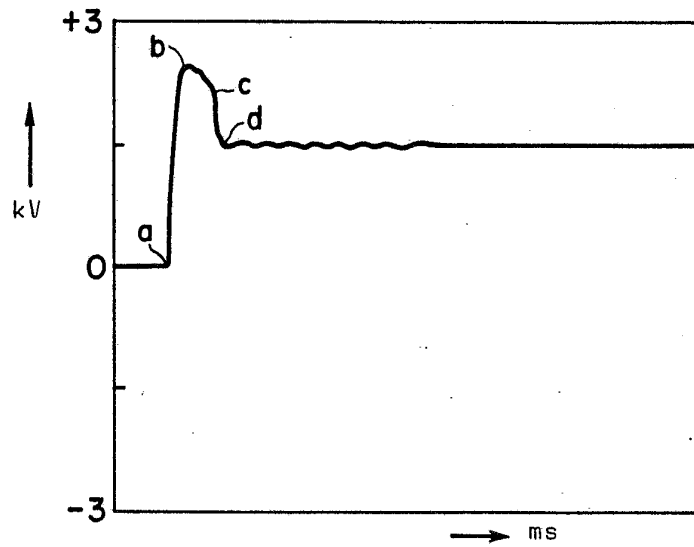


FIG. 8b

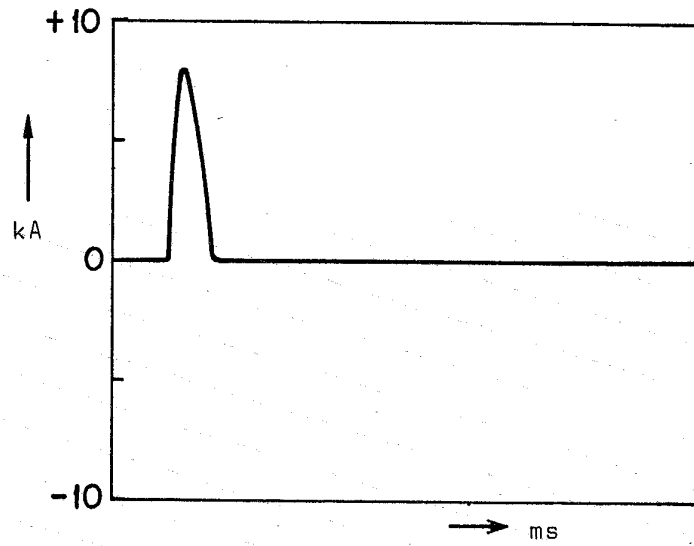


FIG. 8c

