

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 644 558 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**02.06.1999 Bulletin 1999/22**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **H01B 9/02**

(21) Numéro de dépôt: **94402087.4**

(22) Date de dépôt: **20.09.1994**

(54) **Structure d'isolement pour câble**

Kabelisolierstruktur

Câble insulative structure

(84) Etats contractants désignés:  
**DE DK FR GB IT NL SE**

(30) Priorité: **21.09.1993 FR 9311234**

(43) Date de publication de la demande:  
**22.03.1995 Bulletin 1995/12**

(73) Titulaire: **ALCATEL**  
**75008 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Prigent, Madeleine**  
**1460 Marcoussis (FR)**  
• **Janah, Hakim**  
**F-62100 Sangatte (FR)**  
• **Gadessaud, Robert**  
**F-75005 Paris (FR)**

• **Bezille, José**  
**F-59240 Dunkerque (FR)**

(74) Mandataire: **Laroche, Danièle et al**  
**COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL**  
**Dépt. Propriété Industrielle,**  
**30, avenue Kléber**  
**75116 Paris (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A- 0 057 604**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 254**  
**(E-1213) 09 Juin 1992 & JP-A-04 056 009**  
**(CENTRAL RES INST OF ELECTRIC POWER**  
**IND) 24 Février 1992**

**EP 0 644 558 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention concerne une structure d'isolement pour câble moyenne, haute, et très haute tension transportant du courant continu ou alternatif.

**[0002]** Ces câbles sont généralement constitués d'une âme conductrice entourée d'une structure d'isolement qui lui est coaxiale. Cette structure comporte au moins une première couche semi-conductrice placée au contact de l'âme du câble, elle-même entourée d'une deuxième couche électriquement isolante, à son tour recouverte par une troisième couche semi-conductrice. D'autres couches extérieures servent à la protection du câble.

**[0003]** La couche isolante est habituellement à base de polyéthylène haute densité ou basse densité, de polyéthylène réticulé, ou bien encore de terpolymère d'éthylène-propylène-diène à chaîne principale méthylène (EPDM).

**[0004]** Les couches semi-conductrices sont en général composées d'une matrice polaire, le plus souvent un copolymère d'éthylène et d'acrylate d'alkyl, qui est chargée par du noir de carbone. La quantité de charge varie suivant la nature du noir de carbone utilisé. Pour un noir d'acétylène ou un noir au four, la proportion de charge est généralement comprise entre 28% et 40%.

**[0005]** La rigidité diélectrique d'un tel câble est très liée à la qualité de l'interface entre la couche semi-conductrice et la couche isolante. La moindre aspérité au niveau de cette interface peut provoquer un renforcement du champ électrique et conduire au claquage et à la perforation de la couche isolante.

**[0006]** Pour obtenir lors de l'extrusion une interface aussi lisse que possible, la matrice des couches semi-conductrices des câbles haute tension actuellement commercialisés est généralement à base d'un polymère d'indice de fluidité ou "melt index" élevé de l'ordre de 17 (Un "melt index" élevé est le signe de la présence de faibles masses molaires, il est mesuré suivant les normes ASTM référence D1238 ou NFT 51-016), et possédant une distribution très large en masses molaires. Mais on a constaté dans la couche isolante, à proximité des couches semi-conductrices, l'apparition de charges d'espace dont l'accumulation entraîne une détérioration de la tenue diélectrique de l'isolant pouvant aller jusqu'au claquage.

**[0007]** Certains fabricants de semi-conducteurs utilisent des matrices apolaires à base d'un copolymère de l'éthylène (EPR: élastomère thermoplastique d'éthylène-propylène, ou EPDM: terpolymère d'éthylène-propylène-diène à chaîne principale méthylène), auxquelles ils ajoutent des huiles ou des plastifiants pour faciliter l'obtention d'un bon état de surface de la couche semi-conductrice. Or ces huiles ou plastifiants diffusent dans la couche isolante et créent au niveau de l'interface entre la couche semi-conductrice et la couche isolante, où le champ électrique est le plus élevé, une région de plus faible rigidité diélectrique.

**[0008]** La présente invention a pour but de procurer une structure d'isolement pour câble moyenne, haute, et très haute tension transportant du courant continu ou alternatif, présentant des caractéristiques diélectriques plus stables au cours du temps que celles connues jusqu'à présent.

**[0009]** L'objet de la présente invention est une structure d'isolement pour câble comportant au moins une première couche semi-conductrice contigüe et coaxiale à l'âme du câble, entourée d'une deuxième couche électriquement isolante, elle-même recouverte par une troisième couche semi-conductrice. Les couches semi-conductrices sont composées exclusivement d'une matrice ne comportant que des polymères apolaires de masse molaire supérieure à 1000, et d'une charge conductrice.

**[0010]** De préférence, les composants de la matrice ont une masse moléculaire supérieure à 5000.

**[0011]** Si les couches semi-conductrices contiennent des composés de faibles masses molaires ou des additifs, comme des huiles ou des plastifiants, ces composés migrent dans la couche isolante. Ce phénomène a pour conséquence la formation de charges d'espaces qui vont provoquer des renforcement de champ électrique et peuvent conduire ultérieurement à des claquages. Ce renforcement de champ est lié à la quantité de charges formées mais également à leur mobilité: une quantité de charges uniformément réparties ne donnant pas de renforcement de champ aussi important que la même quantité de charges localisées. Cette migration peut se produire au cours de la mise en oeuvre ou au cours du fonctionnement du câble.

**[0012]** L'emploi d'une couche semi-conductrice de composition selon l'invention ne comportant que des composés de masse molaire élevée, empêche la migration d'espèces dans la couche isolante et par là même l'accumulation de charges d'espace à proximité des interfaces.

**[0013]** Selon une première variante de réalisation, les polymères sont choisis parmi le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, et leurs copolymères, les alliages de polymères choisis parmi le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, et leurs copolymères, et les mélanges des composés choisis parmi le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, leurs copolymères, et les alliages précédemment cités.

**[0014]** Selon une deuxième variante de réalisation, les polymères sont choisis parmi les élastomères thermoplastiques polyoléfiniques et leurs mélanges.

**[0015]** Du choix des polymères constituant la matrice dépendra la qualité de son interface avec la couche isolante et les propriétés mécaniques de la couche semi-conductrice obtenue, sans nécessiter le recours à des additifs.

**[0016]** La présente invention a pour avantage de stabiliser les caractéristiques diélectriques de la structure d'isolement en supprimant la migration des composés de faible masse molaire. En conséquence, la qualité de

l'interface entre les différentes couches devient un paramètre moins critique.

**[0017]** La charge est un noir de carbone contenant le moins possible d'impuretés. On peut utiliser un noir au four ou un noir "KETJEN", mais on choisira de préférence, un noir d'acétylène qui est beaucoup plus pur.

**[0018]** Dans certain cas la matrice contient en outre avant sa mise en forme un agent de réticulation. Après mise en forme du matériau par extrusion, on peut le réticuler en vue d'améliorer ses propriétés thermomécaniques. Ces propriétés sont particulièrement critiques pour les câbles transportant du courant alternatif.

**[0019]** D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture des exemples suivants, donnés bien entendu à titre illustratif et non limitatif, et en référence au dessin annexé dans lequel:

- la figure 1 montre le schéma général de l'installation d'essai de l'onde de pression,
- la figure 2 représente une vue de dessus de l'échantillon de la structure d'isolement pour l'essai de l'onde de pression,
- la figure 3 une coupe schématique de l'échantillon de la figure 2.

**[0020]** L'essai de l'onde de pression est effectué à l'aide de l'installation représentée sur la figure 1. Ce test permet d'évaluer le renforcement du champ électrique dans une structure d'isolement.

**[0021]** Un échantillon 1 de la structure d'isolement pour l'essai de l'onde de pression est représenté vue de dessus sur la figure 2 et en coupe sur la figure 3. Sur une surface circulaire de diamètre A 20mm, on trouve superposées:

- une première couche 2 semi-conductrice d'épaisseur B 0,5mm,
- une deuxième couche 3 électriquement isolante d'épaisseur C 0,8mm,
- une troisième couche 4 semi-conductrice identique à la couche 2.

**[0022]** L'installation représentée sur la figure 1, se compose d'un laser 10 "YAg" dont le faisceau est envoyé sur une cible 11 correspondant à l'échantillon 1 dont chaque semiconducteur constitue une électrode (+) et (-). Ce faisceau absorbé en surface de l'électrode 2 (-) décompose cette surface par pyrolyse, et les gaz émis provoquent une onde de pression qui traverse l'échantillon. Cette onde module les charges-images sur les électrodes et donne accès à la densité de charge volumique dans l'échantillon.

**[0023]** Une photodiode 12 permet de synchroniser un détecteur 13 au laser 10. Le circuit est alimenté électriquement par une alimentation haute tension 14 munie d'une résistance 15. Les données enregistrées sont transférées pour être traitées par un ordinateur 16 et re-

présentées en fonction du temps sur un enregistreur graphique 17. Le laser 10 envoie une onde sur la cible 11 provoquant l'apparition de charges d'espace et la modification de la répartition du champ électrique qui alors est mesurée par le détecteur 13.

#### EXEMPLE 1

**[0024]** On réalise un échantillon de la structure d'isolement selon l'art antérieur, analogue à l'échantillon représenté sur la figure 2, comportant:

- une première couche semi-conductrice composée d'une matrice polaire à base d'un copolymère d'éthylène et d'acrylate d'alkyl dont le "melt index" a pour valeur 8 et dont la teneur en ester est de 20%, à laquelle est ajoutée une charge de noir d'acétylène dans une proportion de 66 parts en poids par rapport à 100 parts de la matrice,
- une deuxième couche électriquement isolante composée d'un élastomère thermoplastique oléfinique,
- une troisième couche semi-conductrice identique à la première couche.

**[0025]** Cet échantillon est alors soumis à l'essai d'onde de pression à l'aide de l'installation représentée sur la figure 1. On constate l'apparition dans des proportions importantes de charges négatives à la cathode 2. Le renforcement du champ est alors supérieur à 20% et les charges restent piégées dans le matériau plusieurs heures après la coupure de la tension.

#### EXEMPLE 2

**[0026]** On réalise un échantillon de la structure d'isolement selon l'art antérieur, analogue à l'échantillon représenté sur la figure 2, comportant:

- une première couche semi-conductrice composée d'une matrice polaire à base d'un copolymère d'éthylène et d'acrylate d'alkyl dont le "melt index" a pour valeur 8 et dont la teneur en ester est de 20%, à laquelle est ajoutée une charge de noir d'acétylène dans une proportion de 66 parts en poids par rapport à 100 parts de la matrice,
- une deuxième couche électriquement isolante composée d'un polyéthylène réticulé chimiquement (PRC),
- une troisième couche semi-conductrice identique à la première couche.

**[0027]** Cet échantillon est alors soumis à l'essai d'onde de pression à l'aide de l'installation représentée sur la figure 1. On constate l'apparition dans des proportions importantes de charges négatives à proximité de la cathode 2 et qui restent piégées dans la matrice de la couche isolante après coupure de la tension. Le renforcement du champ est supérieur à 20%.

## EXEMPLE 3

**[0028]** On réalise un échantillon de la structure d'isolement selon l'invention, analogue à l'échantillon représenté sur la figure 2, comportant:

- une première couche semi-conductrice composée d'une matrice apolaire à laquelle est ajoutée une charge de noir d'acétylène dans une proportion de 66 parts en poids par rapport à 100 parts de la matrice; la matrice contient d'une part 20% de polyéthylène (PE) dont le "melt index" a pour valeur 2 et dont la masse molaire est comprise entre  $10^3$  et  $10^7$  et centrée sur  $1,1 \cdot 10^6$ , et d'autre part 80% d'un copolymère d'éthylène et de propylène contenant environ 50% en poids d'éthylène dont la viscosité "MOONEY" (mesurée selon la norme NFT 43005) est de l'ordre de 40 et dont la masse molaire est comprise entre  $10^3$  et  $10^7$  et centrée sur  $1,2 \cdot 10^5$ ,
- une deuxième couche électriquement isolante composée d'un polyéthylène réticulé chimiquement (PRC),
- une troisième couche semi-conductrice identique à la première couche.

**[0029]** Cet échantillon est alors soumis à l'essai d'onde de pression à l'aide de l'installation représentée sur la figure 1. Le renforcement du champ électrique est inférieur à 10%, et après coupure de la tension il ne subsiste pas de charges piégées dans le matériau isolant.

## EXEMPLE 4

**[0030]** On réalise un échantillon de la structure d'isolement selon l'invention, analogue à l'échantillon représenté sur la figure 2, comportant:

- une première couche semi-conductrice composée d'une matrice apolaire à laquelle est ajoutée une charge de noir d'acétylène dans une proportion de 66 parts en poids par rapport à 100 parts de la matrice; la matrice contient d'une part 20% de polyéthylène (PE) dont le "melt index" a pour valeur 2 et dont la masse molaire est centrée sur  $1,1 \cdot 10^6$ , et d'autre part 80% d'un copolymère d'éthylène et de propylène contenant environ 50% en poids d'éthylène dont la viscosité "MOONEY" (selon la norme NFT 43005) est de l'ordre de 40 et dont la masse molaire est comprise entre  $10^3$  et  $10^7$  et centrée sur  $1,2 \cdot 10^5$ ,
- une deuxième couche électriquement isolante composée d'un élastomère thermoplastique oléfinique,
- une troisième couche semi-conductrice identique à la première couche.

**[0031]** Cet échantillon est alors soumis à l'essai d'onde de pression à l'aide de l'installation représentée sur la figure 1. Le renforcement du champ électrique est in-

férieur à 10%, et après coupure de la tension il ne subsiste pas de charges piégées dans le matériau isolant.

## EXEMPLE 5 Comparaison

**[0032]** Un échantillon analogue à celui décrit dans l'exemple 4 est préparé mais en ajoutant à la matrice des couches semi-conductrices, une huile paraffinique à raison de 5% en poids par rapport à la matrice.

**[0033]** Cet échantillon est alors soumis à l'essai d'onde de pression à l'aide de l'installation représentée sur la figure 1. Le renforcement du champ dans ce cas est de 140%.

## Revendications

1. Structure d'isolement pour câble comportant au moins une première couche semi-conductrice contigüe et coaxiale à l'âme du câble, entourée d'une deuxième couche électriquement isolante, elle-même recouverte par une troisième couche semi-conductrice, caractérisée par le fait que lesdites couches semi-conductrices sont composées exclusivement d'une matrice ne comportant que des polymères apolaires de masse molaire supérieure à 1000, et d'une charge conductrice.
2. Structure selon la revendication 1, dans laquelle les composants de ladite matrice ont une masse molaire supérieure à 5000.
3. Structure selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle ladite matrice est choisie parmi le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, et leurs copolymères, les alliages de polymères choisis parmi le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, et leurs copolymères, et les mélanges des composés précédemment cités.
4. Structure selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle ladite matrice est choisie parmi les élastomères thermoplastiques polyoléfiniques et leurs mélanges.
5. Structure selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite charge est du noir d'acétylène.
6. Structure selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite matrice contient en outre avant sa mise en forme un agent de réticulation.

## Patentansprüche

1. Kabelisolerstruktur, die wenigstens eine erste, halbleitende, an die Ader des Kabels angrenzende

und zu dieser koaxiale Schicht umfasst, die von einer zweiten, elektrisch isolierenden Schicht umgeben ist, die ihrerseits von einer dritten, halbleitenden Schicht bedeckt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die besagten halbleitenden Schichten ausschließlich aus einer Matrix, die nur apolare Polymere mit einer molaren Masse von mehr als 1000 umfasst, und einem leitfähigen Füllmaterial bestehen.

2. Struktur nach Anspruch 1, bei der die Komponenten der besagten Matrix eine molare Masse von mehr als 5000 haben.

3. Struktur nach einem der Ansprüche 1 und 2, bei der die Matrix unter Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol und ihren Copolymeren, Legierungen von Polymeren, die unter Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol und ihren Copolymeren ausgewählt sind, und den Gemischen der vorgenannten Verbindungen ausgewählt ist.

4. Struktur nach einem der Ansprüche 1 und 2, bei der die Matrix unter polyolefinischen thermoplastischen Elastomeren und ihren Gemischen ausgewählt ist.

5. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das besagte Füllmaterial Acetylenruß ist.

6. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die besagte Matrix außerdem vor ihrer Ausformung ein Vernetzungsmittel enthält.

4. Structure according to claim 1 or claim 2 wherein said matrix is chosen from polyolefin thermoplastic elastomers and mixtures thereof.

5. Structure according to any one of the preceding claims wherein said charge is acetylene black.

6. Structure according to any one of the preceding claims wherein said matrix further contains a cross-linking agent.

## Claims

1. Cable insulation structure including at least a semiconductor first layer contiguous and coaxial with the cable core surrounded by an electrically insulating second layer covered with a semiconductor third layer, characterised in that said semiconductor layers comprise exclusively a matrix including only apolar polymers whose components have a molecular weight greater than 1 000 and a conductive charge.

2. Structure according to claim 1 wherein the components of said matrix have a molecular weight greater than 5 000.

3. Structure according to claim 1 or claim 2 wherein said matrix is selected from polyethylene, polypropylene, polystyrene and their copolymers, alloys of polymers chosen from polyethylene, polypropylene, polystyrene and their copolymers, and mixtures of the aforementioned substances.

FIG. 1

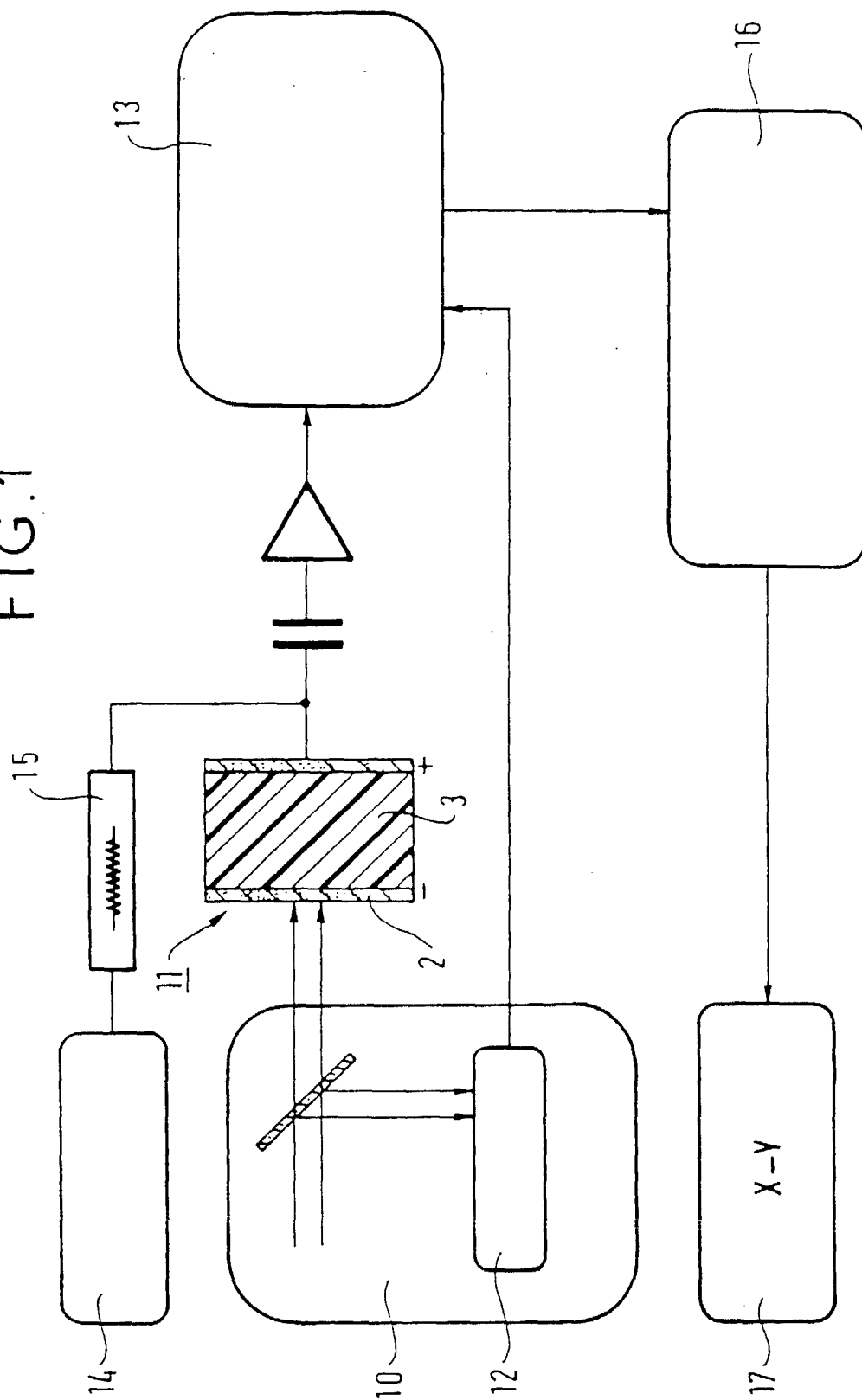


FIG. 2

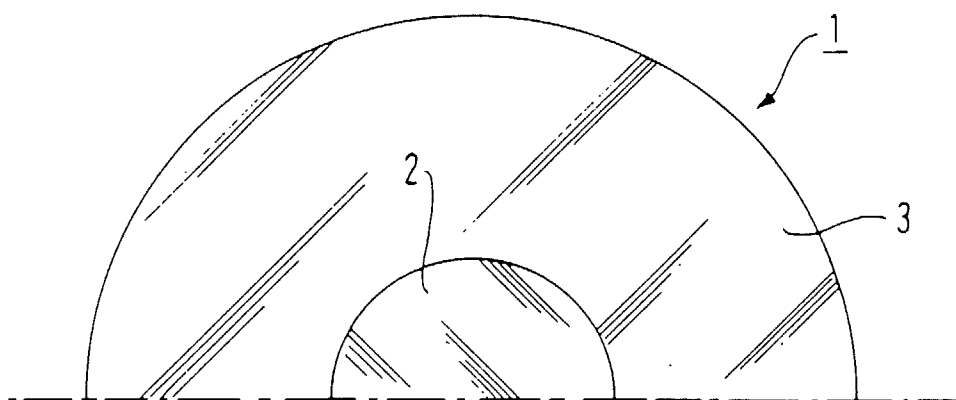


FIG. 3

