



(11) **EP 1 280 167 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**07.01.2009 Bulletin 2009/02**

(51) Int Cl.:  
**H01B 9/02 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **02291796.7**

(22) Date de dépôt: **17.07.2002**

(54) **Ecran semi-conducteur pour cable d'énergie**

Halbleitende Abschirmung für Energiekabel

Semiconductive screen for power cable

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**

(30) Priorité: **25.07.2001 FR 0110045**

(43) Date de publication de la demande:  
**29.01.2003 Bulletin 2003/05**

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

(72) Inventeurs:  
• **Aladenize, Bernard  
78700 Conflans Sainte-Honorine (FR)**

• **Gadessaud, Robert  
91120 Palaiseau (FR)**  
• **Janah, Hakim  
62137 Coulogne (FR)**

(74) Mandataire: **Feray, Valérie et al  
Feray Lenne Consult  
39/41, avenue Aristide Briand  
92163 Antony (FR)**

(56) Documents cités:  
**GB-A- 2 165 689 GB-A- 2 252 866**

**EP 1 280 167 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un écran semi-conducteur pour câble d'énergie. Elle concerne plus particulièrement un tel écran destiné à être utilisé dans un câble d'énergie moyenne, haute et très haute tension à courant continu.

**[0002]** Un câble d'énergie de ce type comprend de manière connue les éléments suivants, disposés de manière coaxiale de l'intérieur vers l'extérieur du câble :

- une âme conductrice, comprenant par exemple des fils de cuivre
- un écran semi-conducteur dit intérieur en contact avec l'âme du câble
- une couche d'isolation électrique
- un écran semi-conducteur dit extérieur en contact avec la couche d'isolation électrique
- de manière optionnelle, un écran métallique de protection
- une gaine extérieure de protection.

**[0003]** La couche d'isolation électrique est généralement constituée de polyéthylène, haute ou basse densité, réticulé ou non réticulé. Les écrans semi-conducteurs, quant à eux, sont en général constitués d'une matrice polaire, c'est-à-dire comprenant des groupements polaires tels que des groupements hydrophiles, comme par exemple un copolymère d'éthylène et d'acrylate d'alkyl, chargée au moyen d'une charge électriquement conductrice, par exemple du noir de carbone. Le choix d'une matrice polaire est guidé par la nécessité de rendre la charge compatible avec la matrice afin d'assurer une meilleure interaction entre ces deux constituants.

**[0004]** Lors du fonctionnement d'un tel câble en courant continu, notamment à haute et très haute tension, un champ électrique très élevé apparaît entre l'âme conductrice et l'écran semi-conducteur intérieur, ainsi qu'entre l'écran d'aluminium et l'écran semi-conducteur extérieur. Ce champ électrique provoque la diffusion (on parle dans ce cas d'injection) de charges électriques depuis l'écran semi-conducteur dans la couche d'isolation électrique. Ces charges électriques sont alors piégées dans la couche d'isolation électrique.

**[0005]** Or les phénomènes de claquage et de vieillissement des câbles d'énergie, notamment des câbles haute tension et très haute tension, sont dus au renforcement du champ électrique dans des zones localisées de ces câbles. Sous tension continue, ce renforcement de champ est induit par une distribution particulière de charges d'espace, fonction de la nature et de la densité de celles-ci.

**[0006]** Ainsi, l'injection de charges d'espace dans l'isolation et la quantité de charges d'espace ainsi injectées sont fonction à la fois de la nature de l'isolation et de celle des semi-conducteurs (l'électrode), et plus précisément de la nature de la matrice des écrans semi-conducteur, de la nature et du taux de la charge conductrice dans

cette matrice, ainsi que de l'interaction entre ces constituants.

**[0007]** Pour limiter le phénomène d'injection de charges d'espace, le document EP-0 644 558 propose de remplacer la matrice polaire des écrans semi-conducteurs par une matrice apolaire. Dans ce cas, on réduit effectivement l'accumulation de charges d'espace dans la couche d'isolation électrique à proximité de l'interface de cette dernière avec les écrans semi-conducteurs, mais on rencontre des problèmes de compatibilité entre la charge et la matrice.

**[0008]** En outre, cette solution limite la conductivité des écrans semi-conducteurs, nécessaire à la continuité électrique avec l'âme du câble et permettant à l'isolation de résister aux chocs de foudre.

**[0009]** Le but de la présente invention est donc de mettre au point un écran semi-conducteur permettant de limiter l'injection de charges d'espace dans la couche d'isolation électrique adjacente lors de l'application d'un champ électrique, tout en assurant les fonctions électriques d'usage.

**[0010]** La présente invention propose à cet effet un écran semi-conducteur pour câble d'énergie comprenant deux couches, chacune desdites couches comportant une matrice polymère dans laquelle est dispersée une charge conductrice, une première desdites couches ayant une conductivité électrique volumique longitudinale supérieure à 0,1 S/m entre 20 et 90°C,

**caractérisé en ce que** la deuxième desdites couches est placée au contact d'une couche d'isolation électrique dudit câble d'énergie et est telle que la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis ladite deuxième couche dans ladite couche d'isolation est faible, de sorte que la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis ledit écran semi-conducteur dans ladite couche d'isolation est inférieure à la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis ladite deuxième couche seule dans ladite couche d'isolation électrique, ladite deuxième couche formant une barrière limitant l'injection de charges d'espace dans ladite couche d'isolation électrique.

**[0011]** Grâce à l'invention, on conserve les propriétés électriques globales de l'écran semi-conducteur, c'est-à-dire une conductivité électrique suffisante pour jouer son rôle d'écran en homogénéisant la répartition du champ électrique à l'intérieur du câble, tout en réduisant la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées dans la couche d'isolation électrique grâce à la présence d'une couche semi-conductrice de faible injection de charges d'espace directement en contact avec la couche d'isolation électrique.

**[0012]** L'invention repose sur la satisfaction de deux contraintes considérées comme contradictoires jusqu'à présent, à savoir la limitation de l'injection de charges d'espace dans la couche d'isolation électrique et la bonne conductivité électrique de l'écran semi-conducteur.

**[0013]** En outre, il est important de noter que l'invention permet de choisir le matériau de la première couche des-

tinée à venir en contact avec l'âme conductrice ou un écran métallique d'un câble d'énergie, sans contrainte quant à la quantité de charges d'espace qu'il est susceptible d'injecter dans l'isolation du câble. Cela ouvre donc la voie à des matériaux ayant des propriétés électriques intéressantes mais non utilisés jusqu'à présent du fait de l'injection trop importante charges d'espace qu'ils entraînaient dans, l'isolation.

**[0014]** De manière très avantageuse, la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis l'écran semi-conducteur dans la couche d'isolation est inférieure à 200 nC entre 25 et 70°C.

**[0015]** Selon l'invention, la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis la deuxième couche seule dans la couche d'isolation électrique est inférieure à 250 nC entre 25 et 70°C.

**[0016]** A noter que lorsque l'on parle de quantité de charges d'espace injectées, celle-ci est mesurée par la méthode de l'onde de pression, qui sera décrite en détail plus loin.

**[0017]** De préférence, la conductivité électrique volumique longitudinale de la première couche sera choisie supérieure à 5 S/m entre 20 et 90°C. Ceci permet notamment la tenue aux contraintes de choc auxquelles le câble peut être soumis lors de son fonctionnement.

**[0018]** De préférence également, on choisira la conductivité électrique volumique longitudinale de ladite deuxième couche entre  $10^{-4}$  et  $10^{-1}$  S/m entre 20 et 90°C. Ceci a l'avantage de réduire les contraintes par rapport au choix du type et/ou du taux de la charge conductrice.

**[0019]** De manière avantageuse, la première couche peut comporter une matrice choisie parmi les copolymères d'éthylène et d'acrylate d'alkyle ou les mélanges de ces copolymères avec des polyoléfinés, et une charge conductrice dispersée dans cette matrice.

**[0020]** En fait, on peut choisir pour cette première couche tout matériau connu pour les écrans semi-conducteurs classiques, notamment à base de matrice polaire.

**[0021]** De manière avantageuse encore, selon une première variante de réalisation, la deuxième couche peut comporter une matrice polymère 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 de composés choisis parmi le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, leurs copolymère et les alliages précédents, et une charge conductrice dispersée dans cette matrice.

**[0022]** Selon une deuxième variante, la deuxième couche peut comporter une matrice polymère choisie parmi les élastomères thermoplastiques polyoléfiniques et leurs mélanges.

**[0023]** Plus spécifiquement, la matrice polymère peut être constituée d'un mélange comprenant du polyéthylène et un copolymère séquencé hydrogéné de styrène, choisi parmi les copolymères de styrène et butadiène et de styrène et isoprène.

**[0024]** La charge peut être choisie parmi les noirs de

carbone, comme par exemple le noir d'acétylène.

**[0025]** La présente invention concerne également un câble d'énergie comprenant au moins un écran semi-conducteur tel que défini précédemment.

**[0026]** Plus précisément, un câble d'énergie selon l'invention comprend, disposés coaxialement et de l'intérieur vers l'extérieur :

- une âme conductrice
- un écran semi-conducteur intérieur
- une couche d'isolation électrique
- un écran semi-conducteur extérieur
- une gaine de protection extérieure

la première couche de l'écran semi-conducteur intérieur étant en contact avec l'âme conductrice, et les deuxièmes couches des écrans semi-conducteurs intérieur et extérieur étant en contact avec la couche d'isolation électrique.

**[0027]** Un câble selon l'invention peut comprendre en outre, entre l'écran semi-conducteur extérieur et la gaine de protection extérieure, un écran métallique de protection.

**[0028]** L'invention s'applique tout particulièrement aux câbles d'énergie à courant continu.

**[0029]** D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description suivante d'un mode de réalisation de l'invention, donnée à titre illustratif et nullement limitatif.

**[0030]** Dans les figures suivantes :

- la figure 1 est une vue en perspective éclatée d'un câble d'énergie incorporant deux écrans semi-conducteurs selon l'invention
- la figure 2 est une vue en coupe transversale du câble de la figure 1
- la figure 3 est une vue en coupe d'un échantillon servant à effectuer l'essai dit de l'onde de pression.

**[0031]** La figure 1 montre un câble 10 comprenant, disposés coaxialement de l'intérieur vers l'extérieur :

- une âme conductrice 1 formée d'un toron de conducteurs de cuivre 2
- un écran semi-conducteur intérieur 3 en contact avec l'âme conductrice 1
- une couche d'isolation électrique 4 en un matériau diélectrique tel que le polyéthylène haute ou basse densité, le polyéthylène réticulé ou le terpolymère d'éthylène-propylène-diène à chaîne principale méthylène (EPDM)
- un écran semi-conducteur extérieur 5 en contact avec la couche d'isolation électrique 4
- un écran métallique de protection 6, optionnel, constitué d'un ruban d'aluminium
- une gaine extérieure de protection 7 en un matériau tel que le polychlorure de vinyle, le polyéthylène ou un mélange de polymère et de charges ignifugean-

tes.

**[0032]** Selon l'invention, l'écran semi-conducteur intérieur 3 est un composite qui comprend (voir figure 2) une couche 31 de conductivité électrique volumique longitudinale élevée, typiquement supérieure à 0,1 S/m entre 20 et 90°C, et de préférence supérieure à 5 S/m à ces températures, en contact avec l'âme conductrice 1, et une couche 32 susceptible d'injecter une faible quantité de charges d'espace dans la couche d'isolation 4 après polarisation, de sorte que la quantité de charges d'espace injectées depuis l'écran 3 dans la couche d'isolation électrique 4 est typiquement inférieure à 200 nC entre 25 et 70°C, la couche 32 étant en contact avec la couche d'isolation électrique 4.

**[0033]** Toujours selon l'invention, l'écran semi-conducteur extérieur 5 est un composite qui comprend une couche 51 de conductivité électrique volumique élevée, typiquement supérieure à 0,1 S/m entre 20 et 90°C, et de préférence supérieure à 5 S/m à ces températures, la couche 51 étant en contact avec l'écran métallique 6, et une couche 52 susceptible d'injecter une faible quantité de charges d'espace dans la couche d'isolation 4 après polarisation, de sorte que la quantité de charges d'espace injectées depuis l'écran 5 dans la couche d'isolation électrique 4 est typiquement inférieure à 200 nC entre 25 et 70°C, la couche 52 étant en contact avec la couche d'isolation électrique 4.

**[0034]** Comme mentionné plus haut, les écrans semi-conducteurs 3 et 5 selon l'invention permettent à la fois d'obtenir une conductivité électrique satisfaisante au voisinage des éléments conducteurs du câble 10 afin d'assurer la fonction d'homogénéisation de la répartition du champ électrique, et de limiter l'injection de charges d'espace dans la couche d'isolation électrique 4 puisque les couches 32 et 52 des écrans semi-conducteurs 3 et 5 en contact avec cette dernière injectent une faible quantité de charges d'espace après polarisation.

**[0035]** Afin de montrer l'efficacité de l'invention, on a procédé à des mesures de charges d'espace par la méthode de l'onde de pression, en tant que telle connue, sur trois échantillons différents A, B et C, dont la structure de base est montrée en figure 3. Les épaisseurs des couches SC1 et SC2 de l'échantillon A sont doubles de celles des couches SC1 et SC2 des échantillons B et C.

**[0036]** Chacun de ces échantillons comprend une couche électriquement isolante I d'épaisseur 0,8 mm placée entre deux couches semi-conductrices SC1 et SC2 de compositions identiques.

**[0037]** Dans l'échantillon A, les deux couches SC1 et SC2 sont des écrans semi-conducteurs composites selon l'invention constitués chacun d'une couche en un matériau de Composition 1 donnée ci-dessous, susceptible d'induire une forte quantité de charges d'espace et d'une couche en un matériau de Composition 2 donnée ci-dessous, induisant une faible quantité de charges d'espace dans la couche électriquement isolante I avec laquelle elle est en contact.

### Composition 1

**[0038]**

5 Polyéthylène basse densité (0,919 g/cm<sup>3</sup>) ayant un Melt Flow Index de 2 et une masse molaire moyenne en poids de 126 500 g/mol : 100 parts  
SBS hydrogéné (copolymère séquencé, hydrogéné de styrène et de butadiène) : 20 parts  
10 Noir au four ENSACO 250 G : 39 parts  
Antioxydant : 0,25 part

### Composition 2

15 **[0039]**

Polyéthylène basse densité (0,919 g/cm<sup>3</sup>) ayant un Melt Flow Index de 2 et une masse molaire moyenne en poids de 126 500 g/mol : 100 parts  
20 SBS hydrogéné : 20 parts  
Noir d'acétylène DENKA : 39 parts  
Antioxydant : 0,25 part

**[0040]** Dans l'échantillon B, les deux couches SC1 et SC2 sont constituées uniquement d'un matériau de Composition 2 ci-dessus.

**[0041]** Dans l'échantillon C, les deux couches SC1 et SC2 sont constituées uniquement d'un matériau de Composition 1 ci-dessus.

30 **[0042]** Il est important d'insister sur le fait que les compositions 1 et 2 ci-dessus ont été choisies afin de pouvoir effectuer des comparaisons de quantités de charges d'espace injectées, et ce indépendamment de leur conductivité électrique.

35 **[0043]** L'essai mis en oeuvre, dit essai de l'onde de pression, consiste à envoyer le faisceau d'un laser YAG sur l'échantillon testé, dont chaque écran semi-conducteur constitue une électrode (+) et (-). Ce faisceau absorbé en surface de l'électrode (-) décompose cette surface par pyrolyse, et les gaz émis provoquent une onde de pression qui traverse l'échantillon, provoquant un déplacement de charges d'espace et l'apparition de charges images aux électrodes, donnant lieu au signal mesuré. Le traitement de ce signal donne une indication sur la répartition du champ électrique et sur la densité de charge volumique dans l'échantillon.

40 **[0044]** Les valeurs mises en évidence lors de cet essai sur les échantillons testés sont la densité maximale D<sub>+</sub> de charges positives dans la couche isolante I, la densité maximale D<sub>-</sub> de charges négatives dans la couche isolante I et la quantité totale Q<sub>T</sub> de charges dans la couche isolante I (en fait son image).

45 **[0045]** Le Tableau 1 ci-dessous donne les résultats obtenus hors champ appliqué, après polarisation des échantillons durant 4 heures sous une tension électrique continue de +40 kV à température ambiante (25°C).

**Tableau 1**

Echantillon	D <sub>+</sub> (C/m <sup>3</sup> )	D <sub>-</sub> (C/m <sup>3</sup> )	Q <sub>T</sub> (nC)
A	0,019	0,03	5
B	0,9	0,05	76
C	1,8	0,5	98

**[0046]** Ce tableau met en évidence le fait que, à température ambiante, un écran semi-conducteur selon l'invention injecte 19 fois moins de charges d'espace que la couche entraînant la plus forte injection seule (échantillon C), mais également 15 fois moins que celle présentant la plus faible injection de charges d'espace seule (échantillon B). Ce résultat est donc tout à fait surprenant.

**[0047]** Il montre que l'on peut choisir pour la première couche d'un écran semi-conducteur selon l'invention, un matériau à forte, moyenne ou faible injection de charges d'espace, du moment que ses caractéristiques de conductivité électrique sont satisfaisantes.

**[0048]** Le Tableau 2 ci-dessous donne les résultats obtenus après polarisation des échantillons durant 4 heures sous une tension électrique continue de +40 kV à 70°C.

**Tableau 2**

Echantillon	D <sub>+</sub> (C/m <sup>3</sup> )	D <sub>-</sub> (C/m <sup>3</sup> )	Q <sub>T</sub> (nC)
A	0,15	0,19	48
B	1,1	0,6	126
C	2,5	1,8	196

**[0049]** Le Tableau 2 montre que les résultats obtenus à température ambiante sont également valables à température élevée.

**[0050]** On a procédé à d'autres mesures, dans les mêmes conditions que celles décrites ci-dessus, sur des échantillons D, E, F et G, dont la structure de base est également celle de la figure 3.

**[0051]** Dans l'échantillon D, les deux couches SC1 et SC2 sont des écrans semi-conducteurs composites selon l'invention constitués chacun d'une couche en un matériau de Composition 3 donnée ci-dessous, susceptible d'induire une forte quantité de charges d'espace, et d'une couche en un matériau de Composition 4 donnée ci-dessous, induisant une faible quantité de charges d'espace dans la couche électriquement isolante I avec laquelle elle est en contact.

### **Composition 3**

**[0052]**

Polyéthylène basse densité (0,920 g/cm<sup>3</sup>) ayant un Melt Flow Index de 2 et une masse molaire moyenne

en poids de 212 000 g/mol : 100 parts

SBS hydrogéné : 20 parts

Noir au four ENSACO 250G : 39 parts

Antioxydant : 0,25 part

5

### **Composition 4**

**[0053]**

10

Polyéthylène basse densité (0,920 g/cm<sup>3</sup>) ayant un Melt Flow Index de 2 et une masse molaire moyenne en poids de 212 000 g/mol : 100 parts

SBS hydrogéné : 20 parts (**A expliciter par les inventeurs**)

15

Noir d'acétylène DENKA : 39 parts

Antioxydant : 0,25 part

**[0054]** Dans l'échantillon E, les deux couches SC1 et SC2 sont constituées uniquement d'un matériau de Composition 4 ci-dessus.

20

**[0055]** Dans l'échantillon F, les deux couches SC1 et SC2 sont constituées uniquement d'un matériau de Composition 3 ci-dessus

25

**[0056]** Dans l'échantillon G, les deux couches SC1 et SC2 sont constituées uniquement d'un matériau semi-conducteur à forte injection de charges d'espace et conductivité électrique élevée du commerce, à base d'un mélange de polyéthylène et de copolymère d'éthylène et d'acétate de vinyl.

30

**[0057]** A noter que pour tous les échantillons D à G, les épaisseurs des couches SC1 et SC2 sont identiques.

**[0058]** Ici encore, il est important d'insister sur le fait que les compositions 3 à 5 ci-dessus ont été choisies afin de pouvoir effectuer des comparaisons de quantités de charges d'espace injectées, et ce indépendamment de leur conductivité électrique.

35

**[0059]** Le Tableau 3 ci-dessous donne les résultats obtenus hors champ appliqué, après polarisation des échantillons durant 4 heures sous une tension électrique continue de +40 kV à température ambiante (25°C).

40

**Tableau 3**

Echantillon	D <sub>+</sub> (C/m <sup>3</sup> )	D <sub>-</sub> (C/m <sup>3</sup> )	Q <sub>T</sub> (nC)
D	0,09	0,04	5
E	1,05	0,21	43
F	1,95	0,69	80
G	1,68	0,85	235

45

50

**[0060]** Les résultats montrés au Tableau 3 amènent aux mêmes conclusions qualitatives que ceux du Tableau 1.

55

**[0061]** Le Tableau 4 ci-dessous donne les résultats obtenus après polarisation des échantillons durant 4 heures sous une tension électrique continue de +40 kV à 70°C.

Tableau 4

Echantillon	D <sub>+</sub> (C/m <sup>3</sup> )	D <sub>-</sub> (C/m <sup>3</sup> )	Q <sub>T</sub> (nC)
D	0,52	0,3	53
E	1,25	0,65	102
F	2,82	1,91	422
G	1,15	0,98	205

[0062] Les résultats montrés au Tableau 4 amènent aux mêmes conclusions qualitatives que ceux du Tableau 2.

[0063] On ne rentrera pas ici dans les détails du procédé de fabrication d'un câble selon l'invention. On indique simplement qu'un écran selon l'invention peut être obtenu par co-extrusion de ses deux couches constitutives dans un dispositif adapté, bien connu de l'homme de l'art.

[0064] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit.

[0065] De même, la structure de câble d'énergie décrite ne l'est qu'à titre d'exemple, et un câble d'énergie selon l'invention peut ne comprendre qu'un écran semi-conducteur selon l'invention, par exemple l'écran semi-conducteur intérieur seulement ou l'écran semi-conducteur extérieur seulement. En outre, le câble selon l'invention peut comprendre d'autres types d'écrans métalliques de protection, par exemple un écran en aluminium contrecollé ou soudé.

[0066] En outre, la structure de protection qui comporte l'écran métallique et la gaine extérieure peut également comporter d'autres éléments de protection tels que notamment une bande de protection gonflante en présence d'eau. Une telle bande de protection peut être interposée entre l'écran semi-conducteur extérieur et l'écran métallique de protection. Elle assure elle-même ou est associée à des moyens conducteurs assurant la continuité électrique entre l'écran semi-conducteur extérieur et l'écran métallique.

[0067] Par ailleurs, les matériaux indiqués pour les différents éléments des câbles selon l'invention le sont à titre indicatif, et peuvent bien entendu être remplacés par des matériaux équivalents qui sont à la portée de l'homme de l'art.

[0068] Ainsi notamment, l'homme du métier pourra faire varier les compositions données plus haut à titre d'exemple, de la manière suivante :

- la teneur massique en styrène dans la matrice polymère peut être de 0,1 à 20 %, préférentiellement de 1 à 10 %,
- la charge conductrice peut être du noir de carbone, de préférence du type « acétylène » qui est plus propre que les noirs de carbone du type « four » (ou noirs au four),
- la teneur massique en noir de carbone (par rapport

à la matrice) peut être de 15 à 40 % préférentiellement de 20 à 30 %,

- l'anti-oxydant utilisé est l'Irganox 1010 ; la teneur massique en antioxydant est de 0,1 à 0,2 %, préférentiellement de 0,15 %.

[0069] Enfin, on pourra remplacer tout moyen par un moyen équivalent sans sortir du cadre de l'invention.

## Revendications

1. Ecran semi-conducteur (3, 5) pour câble d'énergie comprenant deux couches (31, 32 ; 51, 52), chacune desdites couches comportant une matrice polymère dans laquelle est dispersée une charge conductrice, une première desdites couches (31, 51) ayant une conductivité électrique volumique longitudinale supérieure à 0,1 S/m entre 20 et 90°C, **caractérisé en ce que** la deuxième desdites couches (32, 52) est placée au contact d'une couche d'isolation électrique (4) dudit câble d'énergie et est telle que la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis ladite deuxième couche (32, 52) dans ladite couche d'isolation électrique (4) est faible, de sorte que la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis ledit écran semi-conducteur (3, 5) dans ladite couche d'isolation électrique (4) est inférieure à la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis ladite deuxième couche (32, 52) seule dans ladite couche d'isolation électrique (4), ladite deuxième couche (32, 52) formant une barrière limitant l'injection de charges d'espace dans ladite couche d'isolation électrique (4).
2. Ecran selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis ledit écran semi-conducteur (3, 5) dans ladite couche d'isolation (4) est inférieure à 200 nC entre 25 et 70°C.
3. Ecran selon l'une des revendications 1 ou 2 **caractérisé en ce que** la quantité de charges d'espace susceptibles d'être injectées depuis ladite deuxième couche (32, 52) seule dans ladite couche d'isolation électrique (4) est inférieure à 250 nC entre 25 et 70°C.
4. Ecran selon l'une des revendications 1 à 3 **caractérisé en ce que** la conductivité électrique volumique de la première couche (31, 51) est supérieure à 5 S/m entre 20 et 90°C.
5. Ecran selon l'une des revendications 1 à 4 **caractérisé en ce que** la conductivité électrique volumique longitudinale de ladite deuxième couche (32, 52) est comprise entre 10<sup>-4</sup> et 10<sup>-1</sup> S/m entre 20 et 90°C.

6. Ecran selon l'une des revendications 1 à 5 **caractérisé en ce que** ladite première couche (31, 51) comporte une matrice choisie parmi les copolymères d'éthylène et d'acrylate d'alkyle ou les mélanges de ces copolymères avec des polyoléfinés, et une charge conductrice dispersée dans ladite matrice. 5
7. Ecran selon l'une des revendications 1 à 6 **caractérisé en ce que** ladite deuxième couche (32, 52) comporte une matrice polymère 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 de composés choisis parmi le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, leurs copolymère et les alliages précédents, et une charge conductrice dispersée dans ladite matrice. 10
8. Ecran selon l'une des revendications 1 à 6 **caractérisé en ce que** ladite deuxième couche (32, 52) comporte une matrice polymère choisie parmi les élastomères thermoplastiques polyoléfiniques et leurs mélanges, et une charge conductrice dispersée dans ladite matrice. 15
9. Ecran selon la revendication 7 **caractérisé en ce que** ladite matrice polymère de ladite deuxième couche (32, 52) est constituée d'un mélange comprenant du polyéthylène et un copolymère séquencé hydrogéné de styrène, choisi parmi les copolymères de styrène et butadiène et de styrène et isoprène. 20
10. Ecran selon l'une des revendications 1 à 9 **caractérisé en ce que** ladite charge est choisie parmi les noirs de carbone, tels que le noir d'acétylène. 25
11. Câble d'énergie **caractérisé en ce qu'il** comprend un écran (3, 5) selon l'une des revendications 1 à 10. 30
12. Câble d'énergie selon la revendication 11 **caractérisé en ce qu'il** comprend, disposés coaxialement et de l'intérieur vers l'extérieur : 35

- une âme conductrice (1)
- un écran semi-conducteur intérieur (3)
- une couche électrique d'isolation (4)
- un écran semi-conducteur extérieur (5)
- une gaine extérieure de protection (7)

ladite, première couche (31) dudit écran semi-conducteur intérieur (3) étant en contact avec ladite âme conductrice (1), et lesdites deuxièmes couches (32, 52) desdits écrans semi-conducteurs intérieur et extérieur (3, 5) étant en contact avec ladite couche d'isolation électrique (4). 40

13. Câble selon la revendication 12 **caractérisé en ce qu'il** comprend, entre ledit écran semi-conducteur extérieur (5) et ladite gaine extérieure de protection (7), un écran métallique de protection (6). 45

14. Câble selon l'une des revendications 11 à 13 **caractérisé en ce qu'il** est destiné à fonctionner en courant continu. 50

#### Claims

1. A semiconductor shield (3, 5) for a power cable, comprising two layers (31, 32; 51, 52), each of said layers comprising a polymer matrix wherein a conductive filler is dispersed, a first one of said layers (31, 51) having a longitudinal volume electrical conductivity of more than 0.1 S/m between 20 and 90 °C, **characterized in that** the second one of said layers (32, 52) is contacted with an electric insulating layer (4) of said power cable and is such that the amount of space charges, which can be injected from said second layer (32, 52) into said electric insulating layer (4) is low, so that the amount of space charges, which can be injected from said semiconductor shield (3, 5) into said insulating layer (4) is less than the quantity of space charges, which can be injected from said second layer (32, 52) only into said electric insulating layer (4), with said second layer (32, 52) being a barrier limiting the injection of space charges into said electric insulating layer (4). 55
2. The shield according to claim 1, **characterized in that** the amount of space charges, which can be injected from said semiconductor shield (3, 5) into said insulating layer (4) is less than 200 nC between 25 and 70 °C.
3. The shield according to any of claims 1 or 2, **characterized in that** the amount of space charges, which can be injected from said second layer (32, 52) only into said electric insulating layer (4) is less than 250 nC between 25 and 70 °C.
4. The shield according to any of claims 1 to 3, **characterized in that** the volume electrical conductivity of the second layer (31, 51) is more than 5 S/m between 20 and 90 °C.
5. The shield according to any of claims 1 to 4, **characterized in that** the longitudinal volume electrical conductivity of said second layer (32, 52) is comprised between  $10^{-4}$  and  $10^{-1}$  S/m between 20 and 90 °C.
6. The shield according to any of claims 1 to 5, **characterized in that** said first layer (31, 51) includes a matrix chosen from ethylene and alkyl acrylate co-

polymers or blends of such copolymers with polyolefins, and a conductive filler dispersed in said matrix.

7. The shield according to any of claims 1 to 6, **characterized in that** said second layer (32, 52) includes a polymer matrix chosen from polyethylene, polypropylene, polystyrene, and copolymers thereof, polymer alloys chosen from polyethylene, polypropylene, polystyrene, and copolymers thereof, and the blends of compounds chosen from polyethylene, polypropylene, polystyrene, copolymers thereof, and the preceding alloys, and a conductive filler dispersed in said matrix.
8. The shield according to any of claims 1 to 6, **characterized in that** said second layer (32, 52) includes a polymer matrix chosen from polyolefin thermoplastic elastomers and blends thereof, and a conductive filler dispersed in said matrix.
9. The shield according to claim 7, **characterized in that** said polymer matrix of the second layer (32, 52) is composed of a blend including polyethylene and a hydrogenated styrene block copolymer, chosen from styrene butadiene and styrene isoprene copolymers.
10. The shield according to any of claims 1 to 9, **characterized in that** said filler is chosen from carbon blacks, such as acetylene black.
11. A power cable, **characterized in that** it comprises a shield (3, 5) according to any of claims 1 to 10.
12. The power cable according to claim 11, **characterized in that** it comprises, arranged coaxially and from the inside to the outside:
  - a conductive core (1),
  - an internal semiconductor shield (3),
  - an electric insulating layer (4),
  - an external semiconductor shield (5),
  - an external protective sheath (7),

said first layer (31) of said internal semiconductor shield (3) contacting said conductive core (1), and said second layers (32, 52) of said internal and external semiconductor shields (3, 5) contacting said electric insulating layer (4).

13. The cable according to claim 12, **characterized in that** it comprises, between said external semiconductor shield (5) and said external protective sheath (7), a protective metal shield (6).
14. The cable according to any of claims 11 to 13, **characterized in that** it is designed for direct current operation.

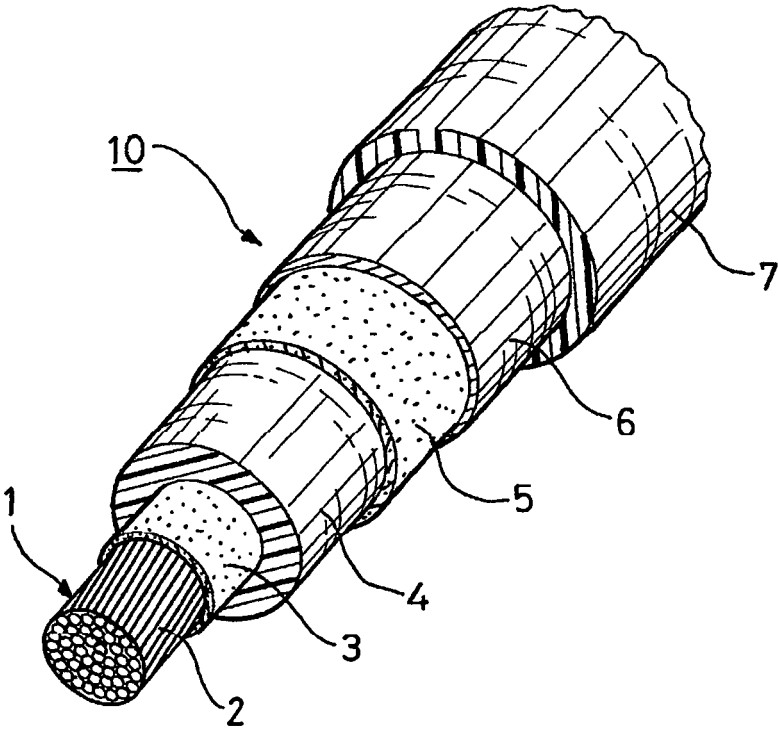
## Patentansprüche

1. Halbleiterabschirmung (3, 5) für ein Stromkabel, umfassend zwei Schichten (31, 32; 51, 52), wobei jede der Schichten eine Polymergrundmasse aufweist, in der ein leitfähiger Füllstoff dispergiert ist, wobei eine erste der Schichten (31, 51) eine volumenbezogene elektrische Längsleitfähigkeit von mehr als 0,1 S/m zwischen 20 und 90 °C hat, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite der Schichten (32, 52) mit einer elektrisch isolierenden Schicht (4) des Stromkabels in Kontakt gebracht wird und derart ausgestaltet ist, dass die Menge der Raumladungen, die von der zweiten Schicht (32, 52) in die elektrisch isolierende Schicht (4) eingekoppelt werden können, gering ist, so dass die Menge der Raumladungen, die von der Halbleiterabschirmung (3, 5) in die Isolierschicht (4) eingekoppelt werden kann, geringer ist als die Menge der Raumladungen, die von der zweiten Schicht (32, 52) alleine in die elektrisch isolierende Schicht (4) eingekoppelt werden kann, wobei die zweite Schicht (32, 52) eine Abgrenzung bildet, welche die Einkopplung von Raumladungen in die elektrisch isolierende Schicht (4) begrenzt.
2. Abschirmung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge der Raumladungen, die von der Halbleiterabschirmung (3, 5) in die Isolierschicht (4) eingekoppelt werden können, geringer ist als 200 nC zwischen 25 und 70 °C.
3. Abschirmung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge der Raumladungen, die von der zweiten Schicht (32, 52) alleine in die elektrisch isolierende Schicht (4) eingekoppelt werden kann, geringer ist als 250 nC zwischen 25 und 70 °C.
4. Abschirmung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die volumenbezogene elektrische Leitfähigkeit der ersten Schicht (31, 51) größer ist als 5 S/m zwischen 20 und 90 °C.
5. Abschirmung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die volumenbezogene elektrische Längsleitfähigkeit der zweiten Schicht (32, 52) zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-1}$  S/m zwischen 20 und 90 °C liegt.
6. Abschirmung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Schicht (31, 51) eine Grundmasse aufweist, die aus Ethylen- und Alcylylacrylat-Copolymeren oder Mischungen derartiger Copolymere mit Polyolefinen gewählt wird, und ein leitfähiger Füllstoff in der Grundmasse dispergiert wird.

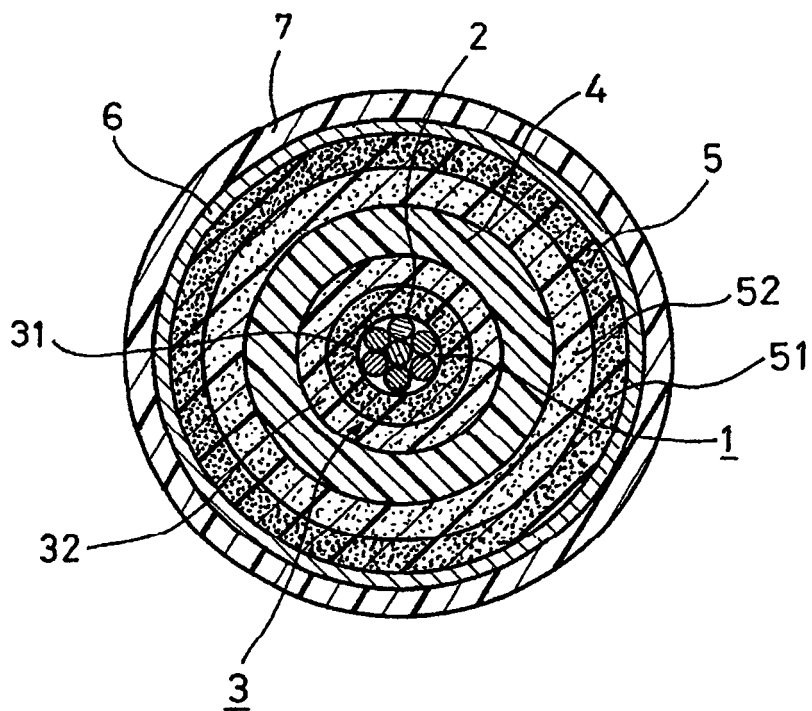


7. Abschirmung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (32, 52) eine Polymergrundmasse, die aus Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol und deren Copolymeren gewählt wird, Polymerlegierungen, die aus Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol und deren Copolymeren gewählt werden, und Mischungen von Zusammensetzungen, die aus Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol, deren Copolymeren und den vorhergehenden Legierungen gewählt werden, und einen leitfähigen Füllstoff, der in der Grundmasse dispergiert wird, aufweist. 5 10
8. Abschirmung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (32, 52) eine Polymergrundmasse, die aus thermoplastischen Polyolefin-Elastomeren und deren Mischungen gewählt wird, und einen leitfähigen Füllstoff, der in der Grundmasse dispergiert wird, aufweist. 15 20
9. Abschirmung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Polymergrundmasse der zweiten Schicht (32, 52) aus einer Mischung besteht, die Polyethylen und ein hydriertes Styrol-Blockcopolymer umfasst, das aus Styrol-Butadien und Styrol-Isopren-Copolymeren gewählt wird. 25
10. Abschirmung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Füllstoff aus Rußschwarzsorben, wie etwa Acetylen-Schwarz, gewählt wird. 30
11. Stromkabel, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Abschirmung (3, 5) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 umfasst. 35
12. Stromkabel nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** es koaxial und von innen nach außen angeordnet folgendes umfasst: 40
- einen leitfähigen Kern (1),
  - eine interne Halbleiterabschirmung (3),
  - eine elektrisch isolierende Schicht (4),
  - eine externe Halbleiterabschirmung (5), 45
  - eine externe Schutzhülle (7),
- wobei die erste Schicht (31) der internen Halbleiterabschirmung (3) mit dem leitfähigen Kern (1) in Verbindung steht, und 50
- wobei die zweiten Schichten (32, 52) der internen und externen Halbleiterabschirmungen (3, 5) mit der elektrisch isolierenden Schicht (4) in Kontakt stehen.
13. Kabel nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zwischen der externen Halbleiterabschirmung (5) und der externen Schutzhülle (7) eine Metallschutzabschirmung (6) umfasst. 55
14. Kabel nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zum Gleichstrombetrieb gedacht ist.

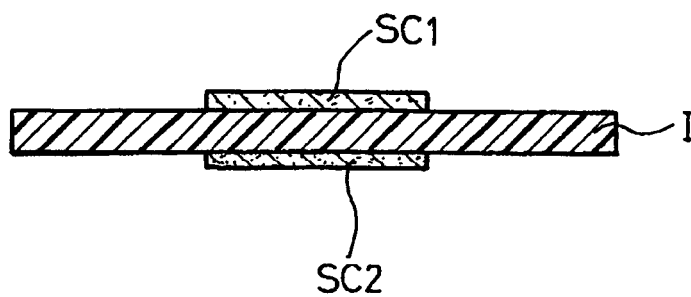
FIG\_1



FIG\_2



FIG\_3



**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- EP 0644558 A [0007]