

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. Januar 2011 (27.01.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/009477 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*H01B 9/00* (2006.01) *H01B 7/42* (2006.01)  
*H01B 17/64* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/005624

(22) Internationales Anmeldedatum:  
23. Juli 2009 (23.07.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FINDEISEN, Jörg** [DE/DE]; Obere Bergstrasse 12, 01156 Dresden (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)



**WO 2011/009477 A1**

(54) Title: CABLE CONTAINING ORIENTED NANOPARTICLES

(54) Bezeichnung : KABEL ENTHALTEND AUSGERICHTETE NANOPARTIKEL

(57) Abstract: The invention relates to, among other things, a cable (10) having at least one electrical conductive conductor (20, 100, 110, 120) extending in the longitudinal direction of the cable and an insulation material (30), in which the conductor is embedded. According to the invention, the electrically conductive conductor comprises nanoparticles (40, 50), which are oriented in the longitudinal direction of the cable, and further nanoparticles (60) oriented perpendicularly to the longitudinal direction of the cable are present.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich u.a. auf ein Kabel (10) mit zumindest einem sich in Kabellängsrichtung erstreckenden elektrisch leitfähigen Leiter (20, 100, 110, 120) und einem Isolationsmaterial (30), in dem der Leiter eingebettet ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der elektrisch leitfähige Leiter Nanoteilchen (40, 50) aufweist, die in Kabellängsrichtung ausgerichtet sind und außerdem weitere Nanoteilchen (60) vorhanden sind, die quer zur Kabellängsrichtung ausgerichtet sind.

## Beschreibung

## KABEL ENTHALTEND AUSGERICHTETE NANOPARTIKEL

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Kabel mit zumindest einem sich in Kabellängsrichtung erstreckenden elektrisch leitfähigen Leiter und einem Isolationsmaterial, in dem der Leiter eingebettet ist.
- 10 Derartige Kabel werden beispielsweise im Bereich der elektrischen Energieübertragungstechnik eingesetzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Kabel anzugeben, das bessere elektrische und mechanische Eigenschaften aufweist als bisherige Kabel.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Kabel mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Kabels sind in Unteransprüchen angegeben.

Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der elektrisch leitfähige Leiter Nanoteilchen aufweist, die in Kabellängsrichtung ausgerichtet sind und außerdem weitere Nanoteilchen vorhanden sind, die quer zur Kabellängsrichtung ausgerichtet sind.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Kabels besteht darin, dass dieses sowohl sehr gute elektrische als auch sehr gute thermische Eigenschaften aufweist. Die elektrischen Eigenschaften werden durch die im elektrisch leitfähigen Leiter vorgesehenen Nanoteilchen bewirkt, die in Kabellängsrichtung ausgerichtet sind. Durch die Ausrichtung der Nanoteilchen entlang der Kabellängsrichtung wird die elektrische Leitfä-

higkeit des Leiters verbessert und somit sein elektrischer Widerstand reduziert. Dies führt auch zu einer Reduktion der im Kabel entstehenden Abwärme.

5 Ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Kabels besteht in der durch die weiteren Nanoteilchen hervorgerufenen Wärmeabfuhr; die Wärmeabfuhr wird dadurch bewirkt, dass die weiteren Nanoteilchen quer zur Kabellängsrichtung ausgerichtet sind und die in dem oder in den leitfähigen Leitern entstehende Abwärme gezielt durch das Isolationsmaterial  
10 nach außen ableiten. Das erfindungsgemäße Kabel weist aufgrund der quer zur Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen also eine optimierte Wärmeableitung nach außen auf, so dass es insgesamt elektrisch belastbarer ist als vorbekannte Kabel.  
15

Ein dritter wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Kabels ist darin zusehen, dass bei diesem durch die vorhandenen Nanoteilchen die mechanische Festigkeit des Kabels deutlich erhöht wird. Das erfindungsgemäße Kabel ist bei gleicher Dimensionierung und bei gleichem Gewicht somit mechanisch deutlich fester und belastbarer als vergleichbare Kabel vorbekannter Bauart. Durch die erhöhte mechanische Festigkeit und Belastbarkeit lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Kabel somit  
20 deutlich größere Abspannweiten zwischen Masten und Stützelementen erreichen, als dies bei bisherigen Kabeln möglich ist. Der Einsatz des erfindungsgemäßen Kabels bei elektrischen Energieübertragungsanlagen führt somit zu geringeren Installationskosten.  
25

30

Die Nanoteilchen sind vorzugsweise länglich; unter länglichen Nanoteilchen werden dabei solche Nanoteilchen verstanden, deren Länge größer, insbesondere mindestens 10-mal größer, als

deren Durchmesser ist. Längliche Nanoteilchen sind beispielsweise Nanoröhrchen, Nanonadeln oder Nanostangen.

Die Nanoteilchen können einwandig, zweiwandig oder mehrwandig  
5 sein. Bei den Nanoteilchen kann es sich beispielsweise um Kohlenstoffnanoröhrchen bzw. Kohlenstoffnanonadeln oder um Bornitridnanoteilchen handeln. Das Isolationsmaterial kann beispielsweise aus einem Kunststoff wie Polyamid oder einer Keramik bestehen bzw. eines oder mehrere solcher Materialien  
10 zumindest auch enthalten.

Die weiteren, also die quer zur Kabellängsrichtung ausgerich-  
teten Nanoteilchen befinden sich vorzugsweise entweder aus-  
schließlich in dem Isolationsmaterial oder alternativ sowohl  
15 in dem Isolationsmaterial als auch in dem elektrisch leitfähigen Leiter.

Bevorzugt sind die im Leiter befindlichen Nanoteilchen über-  
wiegend (also zu mindestens 50%, besonders bevorzugt zu min-  
20 destens 75%) entlang der Kabellängsrichtung und die im Isola-  
tionsmaterial befindlichen Nanoteilchen überwiegend (also zu  
mindestens 50%, besonders bevorzugt zu mindestens 75%) quer  
zur Kabellängsrichtung ausgerichtet.

25 Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass der  
elektrisch leitfähige Leiter - im Querschnitt betrachtet -  
zumindest einen Querschnittsabschnitt aufweist, in dem die  
Nanoteilchen überwiegend (also zu mindestens 50%, besonders  
bevorzugt zu mindestens 75%) in Kabellängsrichtung ausgerich-  
30 tet sind, und zumindest einen weiteren Querschnittsabschnitt  
aufweist, in dem die Nanoteilchen überwiegend (also zu min-  
destens 50%, besonders bevorzugt zu mindestens 75%) quer zur  
Kabellängsrichtung ausgerichtet sind. Besonders bevorzugt  
weist der elektrisch leitfähige Leiter im Querschnitt mehrere

Querschnittsabschnitte, in denen die Nanoteilchen überwiegend in Kabellängsrichtung ausgerichtet sind, und mehrere weitere Querschnittsabschnitte, in denen die Nanoteilchen überwiegend quer zur Kabellängsrichtung ausgerichtet sind, auf.

5

Die in Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen sind vorzugsweise elektrisch leitfähiger als die weiteren, also die quer zur Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen, und/oder die weiteren, quer zur Kabellängsrichtung ausgerich-  
10 teten Nanoteilchen sind vorzugsweise thermisch leitfähiger als die entlang der Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen.

Im Übrigen wird es als vorteilhaft angesehen, wenn das Kabel  
15 zumindest zwei elektrisch leitfähige Leiter aufweist und die Leiter drehsymmetrisch angeordnet sind.

Für eine Energieübertragung in einem dreiphasigen Energieübertragungssystem weist das Kabel vorzugsweise drei elektrisch leitfähige Leiter auf, die drehsymmetrisch bezüglich  
20 der Drehwinkel von 120 Grad und 240 Grad angeordnet sind.

Im Querschnitt ist in dem Kabel bevorzugt ein Mittelpunkt vorhanden, und die weiteren Nanoteilchen sind bezüglich dieses Mittelpunktes vorzugsweise radial nach außen ausgerichtet.  
25

Auch wird es als vorteilhaft angesehen, wenn das Kabel eine sich zumindest abschnittsweise entlang der Kabellängsrichtung erstreckende Ausrichtstruktur aufweist, die - während des  
30 Herstellens des Kabels oder nach der Fertigstellung des Kabels - ein Einbringen eines Feldes in das Kabel zum Ausrichten der weiteren Nanoteilchen quer zur Kabellängsrichtung ermöglicht. Eine solche Ausrichtstruktur wird vorzugsweise ei-

nen elektrisch leitfähigen oder magnetisierbaren Mittelleiter umfassen, der sich entlang der Kabellängsrichtung erstreckt und sich beispielsweise in der Kabelmitte befindet.

- 5 Um lokale Feldüberhöhungen bzw. Feldstärkespitzen zu vermeiden, wird es darüber hinaus als vorteilhaft angesehen, wenn der zumindest eine Leiter eine Hüllschicht aufweist, die auf der dem Leiter abgewandeten Außenseite glatter als auf der dem Leiter zugewandten Innenseite ist und/oder aus einem  
10 Halbleitermaterial besteht oder ein Halbleitermaterial zumindest auch enthält.

Das halbleitende Material und/oder das Isolationsmaterial können beispielsweise vulkanisierbar sein.

15

- Um eine Strombegrenzung in Kabellängsrichtung und somit einen Schutz des Kabels gegen elektrische Überbeanspruchung zu erreichen, wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Konzentration der in Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen  
20 in dem elektrisch leitfähigen Leiter entlang der Kabellängsrichtung unterschiedlich ist und entlang der Kabellängsrichtung zumindest zwei unterschiedlich große Konzentrationsbereiche mit in Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen vorhanden sind. Diese Ausgestaltung macht sich die Erkenntnis  
25 zunutze, dass der elektrische Strom primär durch die in Längsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen fließen wird, so dass eine Konzentrationsreduktion den Stromfluss lokal auf ein vorgegebenes Maß begrenzen wird, ohne dabei die elektrischen Verluste, zumindest nicht signifikant, zu erhöhen.

30

Auch wird es als vorteilhaft angesehen, wenn das Kabel eine kreisrunde Querschnittsfläche aufweist und der oder die Leiter innerhalb der runden Querschnittsfläche drehsymmetrisch und/oder mittig angeordnet sind.

Das Kabel kann beispielsweise ein elektrisches Energieübertragungskabel sein, das für Spannungen von mindestens 100 V und Ströme von mindestens 1 A ausgelegt und dimensioniert ist.

Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Verfahren zum Herstellen eines Kabels, bei dem zumindest ein elektrisch leitfähiger Leiter in einem Isolationsmaterial eingebettet wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass in dem elektrisch leitfähigen Leiter Nanoteilchen in Kabellängsrichtung ausgerichtet werden und weitere Nanoteilchen quer zur Kabellängsrichtung ausgerichtet werden.

Bezüglich der Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Kabel verwiesen, da die Vorteile des erfindungsgemäßen Kabels denen des erfindungsgemäßen Verfahrens im Wesentlichen entsprechen.

Besonders einfach und damit vorteilhaft lassen sich die weiteren Nanoteilchen quer zur Kabellängsrichtung ausrichten, indem an das Kabel ein Feld angelegt wird. Das Feld kann beispielsweise zwischen den Leitern des Kabels oder zwischen einem Leiter des Kabels und einer äußeren Abschirmung des Kabels angelegt werden.

Um das Anlegen eines Feldes zu ermöglichen, das unabhängig von der Anordnung der Leiter innerhalb des Kabels ist und die gewünschte Ausrichtung der weiteren Nanoteilchen bewirken kann, wird vorzugsweise in dem Kabel entlang der Kabellängsrichtung - zumindest abschnittsweise - eine Ausrichtstruktur hergestellt und es wird an diese Ausrichtstruktur ein Feld

angelegt, mit dem die weiteren Nanoteilchen quer zur Kabellängsrichtung ausgerichtet werden.

Das Anlegen eines Feldes wird vorzugsweise durchgeführt, solange das Isolationsmaterial des Kabels noch nicht vollständig ausgehärtet ist, also vor oder während der Aushärtphase des Isolationsmaterials.

Um eine Ausrichtung der weiteren Nanoteilchen quer zur Kabellängsrichtung zu erreichen, kann alternativ oder zusätzlich auch zumindest ein Wachstumskeim eingesetzt werden, der beim Auftragen des noch nicht ausgehärteten, beispielsweise noch flüssigen, Isolationsmaterials eine Ausrichtung der in dem Isolationsmaterial vorhandenen Nanoteilchen bewirkt und im ausgehärteten Isolationsmaterial zu einem Einbetten der Nanoteilchen mit einer Orientierung quer zur Kabellängsrichtung führt. Als Wachstumskeim kann beispielsweise einer der im Isolationsmaterial einzubettenden Leiter herangezogen werden. Auch kann eine auf dem Leiter bzw. den Leitern aufgebrachte Leiterhülle als Wachstumskeim genutzt werden.

Auch können gezielt separate Wachstumskeime während der Kabelherstellung in das Kabel, vorzugsweise in das Isolationsmaterial, eingebracht werden, die zu einem Einbetten der Nanoteilchen mit einer Orientierung quer zur Kabellängsrichtung führen. Vorzugsweise wird ein Wachstumskeim in der Kabelmitte vorgesehen.

Um eine Strombegrenzung im Kabel zu bewirken, wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Konzentration der in Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen in dem elektrisch leitfähigen Leiter entlang der Kabellängsrichtung variiert wird und entlang der Kabellängsrichtung zumindest zwei unter-



schiedlich große Konzentrationsbereiche mit in Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen hergestellt werden.

Die Einlagerung der Nanoteilchen im Leiter und/oder die Einlagerung der weiteren Nanoteilchen im Leiter und/oder im Isolationsmaterial können beispielsweise durch Elektrophorese erfolgen oder unterstützt werden. Dabei kann durch eine Abstimmung zwischen der Teilchengröße und der Porenweite eines als Trägermedium dienenden Gels eine Schichtung verschiedener Nanopartikel herbeigeführt werden, wobei das Gel als Molekularsieb dient. Auch können mittels Elektrophorese Kanten geglättet oder Abschirmungen gebildet werden.

Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr nach außen wird es darüber hinaus als vorteilhaft angesehen, wenn eine Rippenstruktur oder eine oval abgeflachte äußere Form des beziehungsweise der im Kabel vorhandenen Leiter vorgesehen wird. Eine solche Struktur kann beispielsweise derart gestaltet sein, dass Nanoteilchen mit guter Wärmeleitfähigkeit und hohem elektrischen Widerstand nicht nur in Isolationen des Kabels eingebracht werden, sondern darüber hinaus derart angeordnet werden, dass sie den Transport der Wärme auch in diese die Oberfläche vergrößernden Bereiche übernehmen.

Zur Erzielung einer feuchtigkeit- und/oder schmutzabweisenden Oberfläche des Kabels ist die Bildung einer nanopartikelnutzenden, schmutzabweisenden Beschichtung an der Oberfläche der äußeren Umhüllung des Kabels denkbar. Beispielsweise kann eine Nanopartikel enthaltende Folie oder ein Nanopartikel enthaltender Lack außen auf dem Kabel aufgebracht werden.

Im Übrigen wird es als vorteilhaft angesehen, wenn durch eine Reduzierung der Anzahl der parallel zur Kabellängsrichtung verlaufenden Nanoteilchen in einem Übergangsbereich mit vor-

zugsweise guter thermischer Anbindung das Kabel vor zu hohen Kurzschlussströmen geschützt wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert; dabei zeigen beispielhaft:

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Kabel mit einem einzigen elektrischen Leiter,

10

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Kabel mit einem einzigen elektrischen Leiter, wobei dieser mit einer Umhüllung versehen ist,

15

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Kabel mit drei elektrischen Leitern,

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Kabel mit drei elektrischen Leitern und einer Ausrichtstruktur zur Ausrichtung der weiteren Nanoteilchen,

20

Figur 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Kabel mit drei elektrischen Leitern sowie einem Wachstumskern, der eine Ausrichtung der im Isolationsmaterial des Kabels vorhandenen Nanoteilchen während der Herstellung des Isolationsmaterials bewirkt,

25

30

Figur 6 ein sechstes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Kabel mit einem Leiter mit Nanoröhrchen,

- Figur 7 ein siebentes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Kabel mit drei leitenden Schichten und drei Isolationsschichten,
- 5 Figur 8 ein achttes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Kabel mit zwei leitenden Schichten und drei Isolationsschichten und
- Figur 9 ein neuntes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Kabel mit einer Nanoteilchen enthaltenden Matrix in der Isolation.
- 10

Der Übersicht halber werden für identische oder vergleichbare Komponenten in den Figuren stets dieselben Bezugszeichen verwendet.

15

In der Figur 1 erkennt man ein elektrisches Kabel 10, das mit einem einzigen elektrisch leitfähigen Leiter 20 ausgestattet ist. Der Leiter 20 befindet sich in einem Isolationsmaterial 30, das aus einem elektrisch nicht leitfähigen Material besteht.

20

Wie sich in der Figur 1 darüber hinaus erkennen lässt, befinden sich in dem Leiter 20 Nanoteilchen, die überwiegend, vorzugsweise zu mindestens 90 %, in Kabellängsrichtung, also in der Figur 1 senkrecht zur Blattrichtung ausgerichtet sind. Die Richtung der Nanoteilchen ist dabei beliebig: sie können also senkrecht zur Bildebene in diese hineinragen oder aus dieser herausragen. Bei der Darstellung gemäß der Figur 1 ragen die mit dem Bezugszeichen 40 bezeichneten Nanoteilchen in die Bildebene hinein, wohingegen die Nanoteilchen mit dem Bezugszeichen 50 aus der Bildebene herausragen.

25

30

In der Figur 1 erkennt man darüber hinaus, dass es weitere Nanoteilchen gibt, die überwiegend, vorzugsweise zu mindestens 90 %, quer zur Kabellängsrichtung ausgerichtet sind und sich somit parallel zur Bildebene in der Figur 1 erstrecken.

5 Die weiteren Nanoteilchen sind mit dem Bezugszeichen 60 gekennzeichnet; die weiteren Nanoteilchen 60 befinden sich ausschließlich in dem Isolationsmaterial 30 des Kabels 10, sie können aber auch - ganz oder zum Teil - in dem Leiter 20 angeordnet sein.

10

In der Figur 2 ist ein zweites Ausführungsbeispiel für ein Kabel 10 gezeigt. Das Kabel gemäß Figur 2 entspricht im Wesentlichen dem Kabel gemäß Figur 1. Im Unterschied dazu ist lediglich der elektrische Leiter 20 mit einer Hüllschicht um-

15

geschlossen, die mit dem Bezugszeichen 70 gekennzeichnet ist. Die Funktion der Hüllschicht 70 besteht darin, den elektrischen Leiter nach außen hin glatter zu machen und somit elektrische Feldüberhöhungen zu vermeiden. Die Hüllschicht 70 ist somit vorzugsweise auf der Außenseite 80 glatter als auf der dem Leiter 20 zugewandten Innenseite 90. Die Hüllschicht 20 70 kann beispielsweise aus einem Halbleitermaterial bestehen.

In der Figur 3 ist ein Ausführungsbeispiel für ein Kabel 10 gezeigt, dass mit drei elektrischen Leitern 100, 110 und 120 25 ausgestattet ist. Die Anordnung der drei Leiter 100, 110 und 120 ist drehsymmetrisch, so dass die drei Leiter um Drehwinkel von 120 Grad und / oder 240 Grad gedreht werden können, ohne dass sich deren Anordnung im Kabel 10 ändert.

30

Der Figur 3 lässt sich darüber hinaus entnehmen, dass die drei Leiter 100, 110 und 120 jeweils mit Nanoteilchen versehen sind, die sich - zumindest überwiegend - senkrecht zur Bildebene erstrecken, also in die Bildebene hineinragen oder

aus dieser herausragen. Die Nanoteilchen sind mit den Bezugszeichen 40 und 50 gekennzeichnet.

Das Isolationsmaterial 30 des Kabels 10 ist ebenfalls mit Nanoteilchen ausgestattet, wobei sich diese jedoch quer zur Kabellängsrichtung erstrecken und somit in der Bildebene der Figur 3 liegen. Die quer zur Kabellängsrichtung ausgestatteten Nanoteilchen in der Isolationsschicht 30 sind mit dem Bezugszeichen 60 gekennzeichnet.

10

Im Übrigen entspricht das Kabel gemäß der Figur 3 den Kabeln den Figuren 1 und 2.

In der Figur 4 ist ein viertes Ausführungsbeispiel für ein Kabel gezeigt. Auch dieses Kabel weist drei elektrische Leiter 100 und 110 und 120 auf und entspricht insoweit dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3. Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 ist eine zusätzliche Ausrichtstruktur 200 vorhanden, die einen elektrisch leitfähigen oder magnetisierbaren Mittelleiter 210 aufweist, der sich zumindest abschnittsweise entlang der Kabellängsrichtung erstreckt und sich vorzugsweise in der Kabelmitte befindet. Die Ausrichtstruktur 200 ermöglicht es, während der Herstellung des Kabels 10, insbesondere beim Aufbringen des Isolationsmaterials 30 beziehungsweise beim Aushärten des Isolationsmaterials 30 ein elektrisches oder magnetisches Feld im Kabel 10 hervorzurufen, mit dem die in dem Isolationsmaterial 30 vorhandenen Nanoteilchen 60 quer zur Kabellängsrichtung, also parallel zur Bildebene, ausgerichtet werden.

30

Befindet sich - wie gezeigt - der Mittelleiter 210 in der Kabelmitte, so kann gezielt eine radial bzw. strahlenförmig nach außen verlaufende Ausrichtung der Nanoteilchen 60 erreicht werden.

Mit anderen Worten ermöglicht es also die Ausrichtstruktur 200 mit dem elektrisch leitfähigen oder magnetisierbaren Mittelleiter 210, die Konzentration der quer zur Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen 60 im Kabel 10 zu erhöhen.

In der Figur 5 ist ein fünftes Ausführungsbeispiel für ein Kabel 10 gezeigt. Auch dieses Kabel ist mit drei elektrischen Leitern 100, 110 und 120 ausgestattet. In der Kabelmitte beziehungsweise zwischen den drei elektrischen Leitern befindet sich ein Wachstumskern 300, der während der Kabelherstellung ein gezieltes Wachstum und/oder eine gezielte Ausrichtung der im Isolationsmaterial 30 eingebetteten Nanoteilchen 60 bewirkt. Konkret führt der Wachstumskern 300 dazu, dass sich die Nanoteilchen 60 vorzugsweise quer zur Kabellängsrichtung orientieren beziehungsweise ausrichten, während das Isolationsmaterial 30 aufgebracht wird und/oder aushärtet.

Befindet sich - wie gezeigt - der Wachstumskern 300 in der Kabelmitte, so kann zusätzlich gezielt eine radial bzw. strahlenförmig nach außen verlaufende Ausrichtung der Nanoteilchen 60 erreicht werden.

Im Übrigen entspricht das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 5 dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3, so dass diesbezüglich auf die obigen Ausführungen verwiesen sei.

Die Figur 6 zeigt die Kombination einer axialen Ausrichtung der Kohlenstoffnanoröhrchen für die Stromleitung und einer radialen Ausrichtung der Kohlenstoffnanoröhrchen für den Wärmetransport nach außen innerhalb des leitfähigen Leiters 20 des Kabels 10. Das Bezugszeichen 51 stellt dabei die radial ausgerichteten Kohlenstoffnanoröhrchen im Leiter dar. Bezüg-

lich der übrigen Bezugszeichen sei auf die Ausführungen im Zusammenhang mit der Figur 1 verwiesen.

Die Figuren 7 und 8 zeigen beispielhaft die Anpassung der Konzentration und Ausrichtung von Nanoröhrchen an die jeweiligen Erfordernisse.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung, wie sie die Figur 7 zeigt, ist die Isolation derart gestaltet, dass die Dielektrizitätskonstante in Richtung abnehmender elektrischer Feldstärke sinkt (oder alternativ ansteigt). Diese Anpassung der Dielektrizitätskonstante an die Felderfordernisse wird zumindest teilweise durch Anpassung der Konzentration und Ausrichtung der Nanoröhrchen vorgenommen. Die Änderung der Konzentration und Ausrichtung der Nanoröhrchen kann dabei sowohl in Schichten als auch kontinuierlich erfolgen. Die Bezugszeichen 400, 410 und 420 zeigen beispielhaft Isolationsschichten mit wärmeleitenden, vorzugsweise quer zur Kabellängsrichtung verlaufenden Nanoröhrchen. Die Bezugszeichen 430, 440 und 450 bezeichnen Schichten des leitfähigen Leiters mit unterschiedlichen Konzentrationen an stromleitenden Kohlenstoffnanoröhrchen oder anderen stromleitenden Nanoröhrchen. Das Bezugszeichen 460 bezeichnet eine Hüllschicht zwischen den Leiter- und den Isolationsschichten und das Bezugszeichen 470 den Mantel.

In einer besonderen Ausführungsform werden zur Wärmeabfuhr radial ausgerichtete Kohlenstoffnanoröhrchen benutzt, welche in der der Leitermitte zugewandten Richtung nur in geringer Konzentration vorhanden sind und deren Konzentration nach außen zunimmt. Dies ermöglicht die Nutzung der guten thermischen Leitfähigkeit von Kohlenstoffnanoröhrchen zur Wärmeableitung. Die in der Isolation an sich nachteilige elektrische Leitfähigkeit der konventionellen Kohlenstoffnanoröhrchen

lässt sich durch eine geringe Konzentration in den Bereichen hoher elektrischer Feldstärke ausgleichen.

Die Figur 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit zwei Leiterbe-  
5 reichen 500 und 510 mit unterschiedlicher Konzentration an stromleitenden Kohlenstoffnanoröhrchen und Isolationsschichten 520, 530 und 540 mit unterschiedlicher Konzentration an wärmeleitenden Kohlenstoffnanoröhrchen oder anderen wärmeleitenden Nanoröhrchen.

10

Die Figur 9 zeigt beispielhaft eine Matrix mit wärmeleitenden und/oder stromleitenden Nanoröhrchen, beispielsweise Kohlenstoffnanoröhrchen oder anderen Nanoröhrchen, in der Isolation oder dem Leiter eines Kabels. Dabei bezeichnen

- 15 - das Bezugszeichen 600 Kohlenstoffnanoröhrchen zum Stromtransport (bevorzugt axial ausgerichtet),  
- das Bezugszeichen 610 Nanoröhrchen, also zum Beispiel Kohlenstoffnanoröhrchen oder andere Nanoröhrchen, zum Wärmetransport (bevorzugt radial ausgerichtet) und  
20 - die Bezugszeichen 620 und 630 Kohlenstoffnanoröhrchen zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit (Ausrichtung nach dem jeweiligen Festigkeitsbedarf). Dabei handelt es sich bei den Kohlenstoffnanoröhrchen mit dem Bezugszeichen 620 beispielsweise um zirkular ausgerichtete Kohlenstoffnanoröhrchen,  
25 welche die Schaffung einer mechanisch festen Gurtstruktur zur Bildung eines Kabelmantels unterstützen.

Zusammenfassend ist den Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 6 bis 9 gemeinsam, dass ein Kabel durch eine Matrix ver-  
30 schiedener Materialien gebildet wird, welche zumindest teilweise Nanoröhrchen verschiedener elektrischer, wärmetechnischer und mechanischer Eigenschaften enthalten. Dadurch kann berücksichtigt werden:



- eine Anpassung der Konzentration an Kohlenstoffnanoröhrchen an die im jeweiligen Bereich des Kabels und/oder Leiters erforderliche Stromdichte,
- eine Anpassung des Ausrichtungsgrades der Kohlenstoffnanoröhrchen an die im jeweiligen Bereich des Kabels und/oder Leiters erforderliche Stromdichte,
- eine Anpassung der Konzentration der wärmeleitenden Nanoröhrchen an die im jeweiligen Bereich der Anordnung erforderliche Wärmestromdichte,
- eine Anpassung des Ausrichtungsgrades der Nanoröhrchen an die im jeweiligen Bereich der Anordnung erforderliche Wärmestromdichte,
- eine Einlagerung von Nanoröhrchen besonderer mechanischer Eigenschaften (z.B. Zugfestigkeit) in bestimmten Bereichen (z.B. zur Aufnahme von Zugkräften bei der Verwendung als Leiterseil),
- eine Bildung von mechanischen Spannelementen durch Einbringen einer mit Nanoröhrchen versetzten Gurtstruktur zur Aufnahme von Kurzschlusskräften und/oder Übertragung der Gewichtskraft zu mechanischen Befestigungselementen und/oder zur Bildung einer festen und stabilen Ummantelung des Kabels.

## Bezugszeichen

	10	elektrisches Kabel
	20	elektrisch leitfähiger Leiter
5	30	Isolationsmaterial
	40, 50	Nanoteilchen
	51	Kohlenstoffnanoröhrchen
	60	weitere Nanoteilchen
	70	Hüllschicht
10	80	Außenseite
	90	Innenseite
	100, 110, 120	elektrischer Leiter
	200	Ausrichtstruktur
	210	Mittelleiter
15	300	Wachstumskern
	400, 410, 420	Isolationsschicht
	430, 440, 450	Schicht
	460	Hüllschicht
	470	Mantel
20	500, 510	Leiterbereich
	520, 530, 540	Isolationsschicht
	600	Kohlenstoffnanoröhrchen
	610	Nanoröhrchen
	620, 630	Kohlenstoffnanoröhrchen

## Patentansprüche

1. Kabel (10) mit zumindest einem sich in Kabellängsrichtung erstreckenden elektrisch leitfähigen Leiter (20, 100, 110, 5 120) und einem Isolationsmaterial (30), in dem der Leiter eingebettet ist,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- der elektrisch leitfähige Leiter Nanoteilchen (40, 50) aufweist, die in Kabellängsrichtung ausgerichtet sind und
  - 10 - außerdem weitere Nanoteilchen (60) vorhanden sind, die quer zur Kabellängsrichtung ausgerichtet sind.
2. Kabel nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- 15 sich die weiteren Nanoteilchen in dem Isolationsmaterial oder sowohl in dem Isolationsmaterial als auch in dem elektrisch leitfähigen Leiter befinden.
3. Kabel nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- das Kabel zumindest zwei elektrisch leitfähige Leiter aufweist und
  - die Leiter drehsymmetrisch angeordnet sind.
- 25 4. Kabel nach Anspruch 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- das Kabel drei elektrisch leitfähige Leiter (100, 110, 120) aufweist, und
- die Leiter drehsymmetrisch bezüglich der Drehwinkel von 120
- 30 Grad und 240 Grad angeordnet sind.
5. Kabel nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

das Kabel im Querschnitt betrachtet einen Mittelpunkt aufweist und die weiteren Nanoteilchen bezüglich dieses Mittelpunktes radial nach außen ausgerichtet sind.

5 6. Kabel nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
das Kabel eine sich zumindest abschnittsweise entlang der Kabellängsrichtung erstreckende Ausrichtstruktur (200) aufweist, die ein Einbringen eines Feldes in das Kabel zum Aus-  
10 richten der weiteren Nanoteilchen quer zur Kabellängsrichtung ermöglicht.

7. Kabel nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
15 die Ausrichtstruktur einen elektrisch leitfähigen oder magnetisierbaren Mittelleiter (210) aufweist, der sich entlang der Kabellängsrichtung erstreckt und sich in der Kabelmitte befindet.

20 8. Kabel nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
der zumindest eine Leiter eine Hüllschicht (70) aufweist, die auf der dem Leiter abgewandeten Außenseite (80) glatter als auf der dem Leiter zugewandten Innenseite (90) ist.

25 9. Kabel nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
der zumindest eine Leiter eine Hüllschicht aus einem Halbleitermaterial aufweist.

30 10. Kabel nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- die Konzentration der in Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen in dem elektrisch leitfähigen Leiter entlang der Kabellängsrichtung unterschiedlich ist und
- entlang der Kabellängsrichtung zumindest zwei unterschiedlich große Konzentrationsbereiche mit in Kabellängsrichtung ausgerichteten Nanoteilchen vorhanden sind.

11. Kabel nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 das Kabel eine kreisrunde Querschnittsfläche aufweist und der oder die Leiter innerhalb der runden Querschnittsfläche dreh-  
symmetrisch und/oder mittig angeordnet sind.

12. Verfahren zum Herstellen eines Kabels (10), bei dem zu-  
15 mindest ein elektrisch leitfähiger Leiter (20, 110, 110, 120)  
in einem Isolationsmaterial (30) eingebettet wird,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
- in dem elektrisch leitfähigen Leiter Nanoteilchen (40, 50)  
in Kabellängsrichtung ausgerichtet werden und  
20 - weitere Nanoteilchen (60) quer zur Kabellängsrichtung aus-  
gerichtet werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
25 die weiteren Nanoteilchen quer zur Kabellängsrichtung aus-  
gerichtet werden, indem an das Kabel ein Feld angelegt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
30 - in dem Kabel entlang der Kabellängsrichtung zumindest ab-  
schnittsweise eine Ausrichtstruktur hergestellt wird und  
- an die Ausrichtstruktur ein Feld angelegt wird, mit dem  
die weiteren Nanoteilchen quer zur Kabellängsrichtung aus-  
gerichtet werden.

15. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 12-14,  
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Konzentration der in Kabellängsrichtung ausgerichteten  
5 Nanoteilchen in dem elektrisch leitfähigen Leiter entlang  
der Kabellängsrichtung variiert wird und
- entlang der Kabellängsrichtung zumindest zwei unterschied-  
lich große Konzentrationsbereiche mit in Kabellängsrich-  
tung ausgerichteten Nanoteilchen hergestellt werden.

10

16. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 12-15,  
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Dielektrizitätskonstante in der Isolation durch die Wahl  
der Konzentration und Ausrichtung der Nanoteilchen in der  
15 Isolation an die Erfordernisse des elektrischen Feldes ange-  
passt wird und/oder die Leitfähigkeit im Leiter durch die  
Wahl der Konzentration und Ausrichtung der Nanoteilchen im  
Leiter an die Erfordernisse der elektrischen Leitfähigkeit  
angepasst wird, wobei die Anpassung der Konzentration der Na-  
20 noteilchen sowohl in Schichten als auch kontinuierlich erfol-  
gen kann.

FIG 1

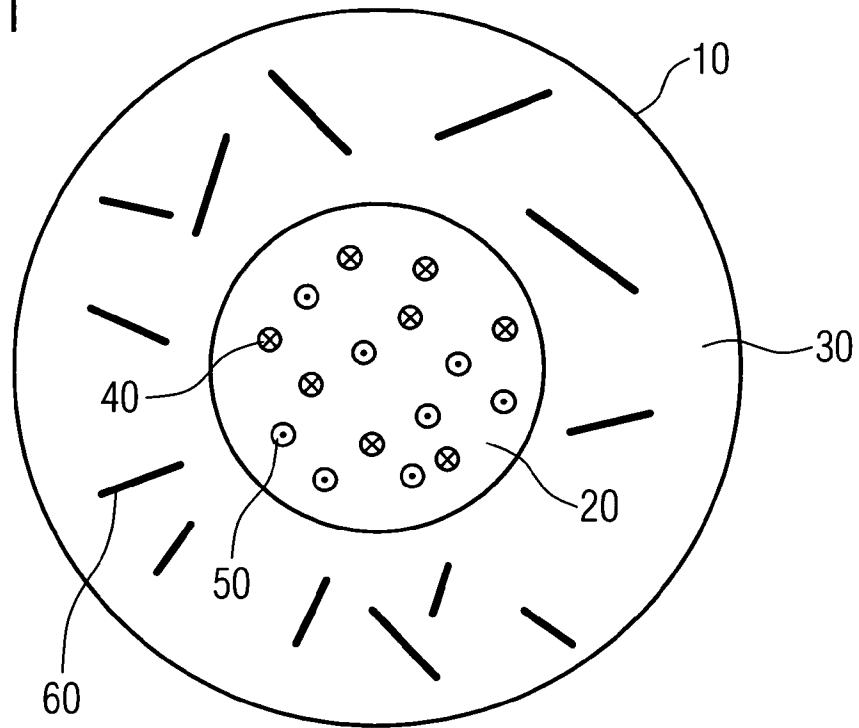


FIG 2

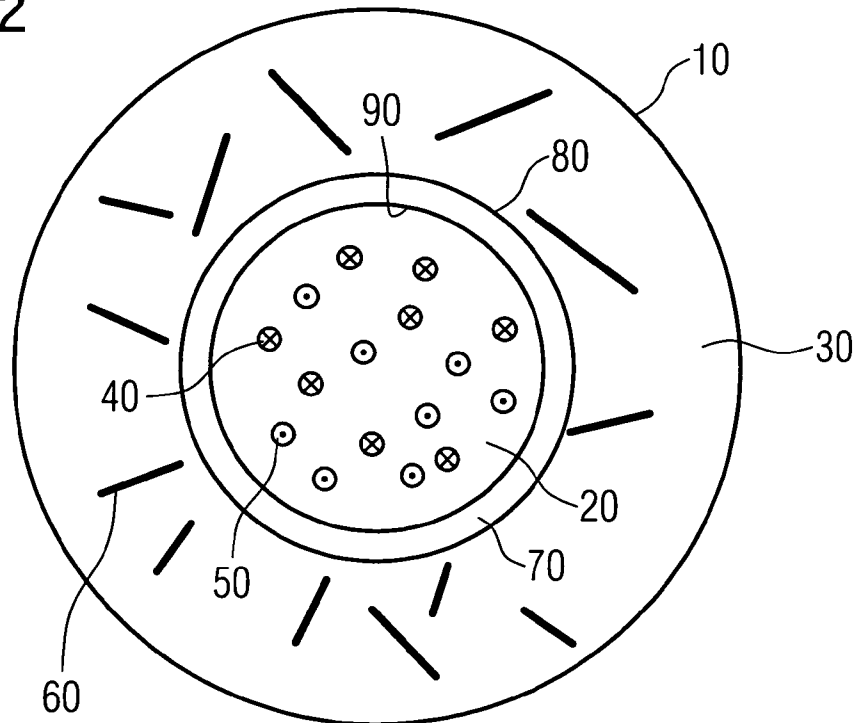


FIG 3

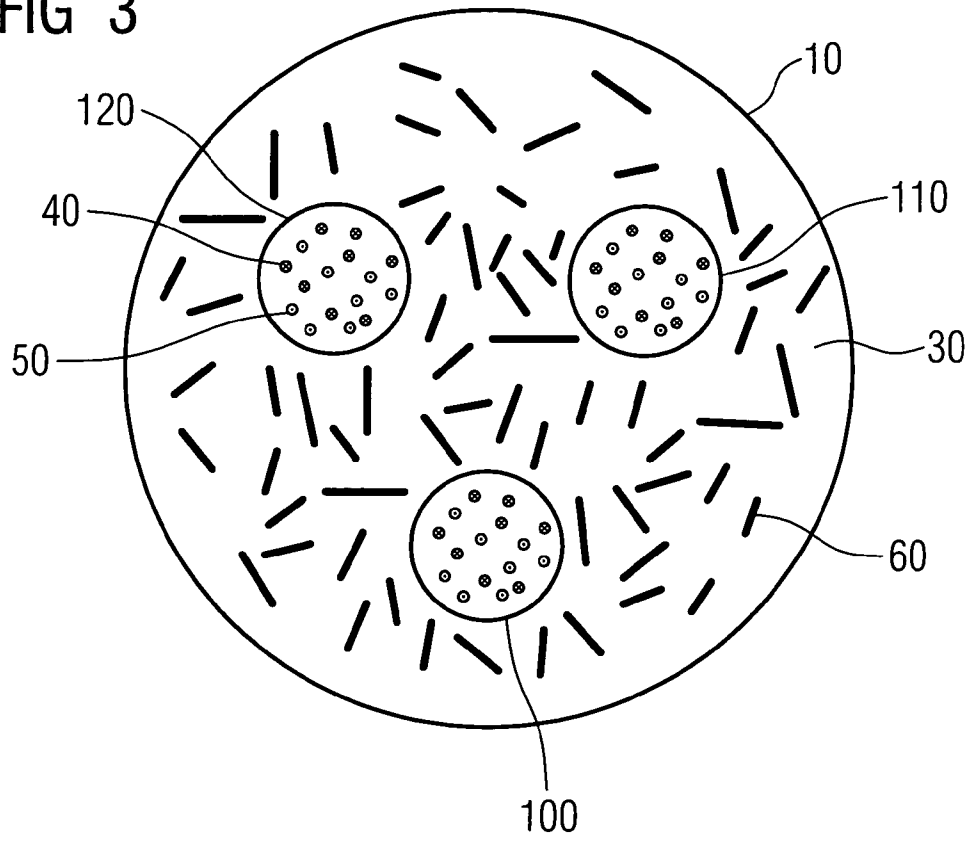


FIG 4

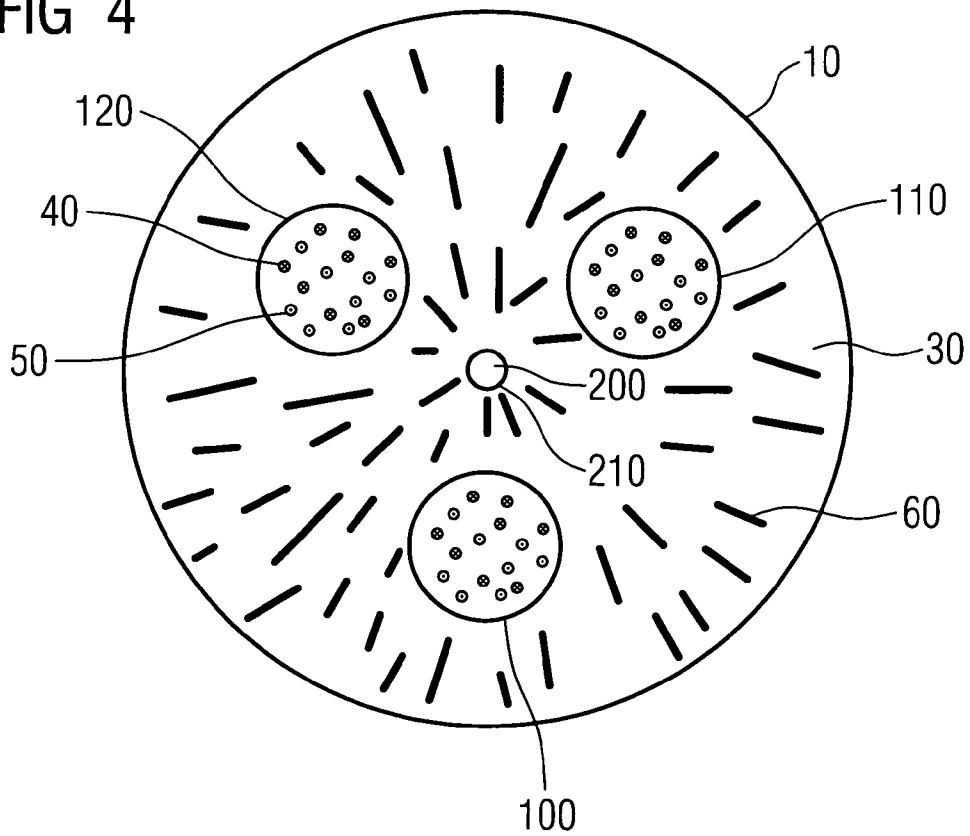




FIG 5

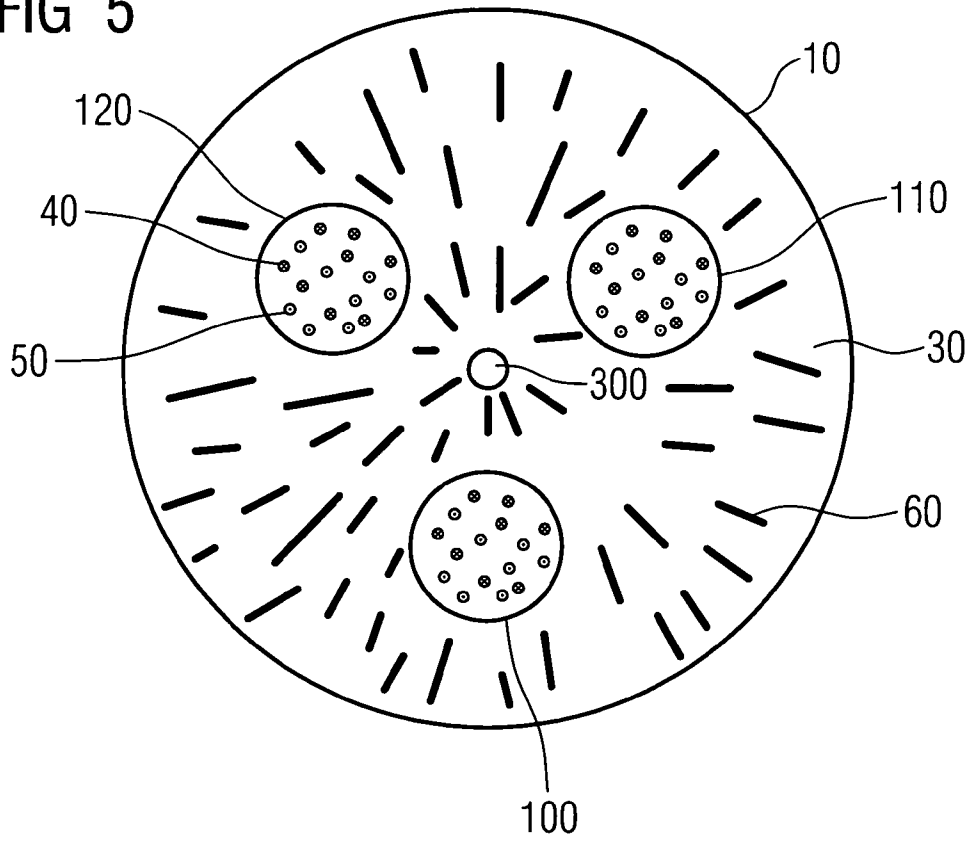


FIG 6

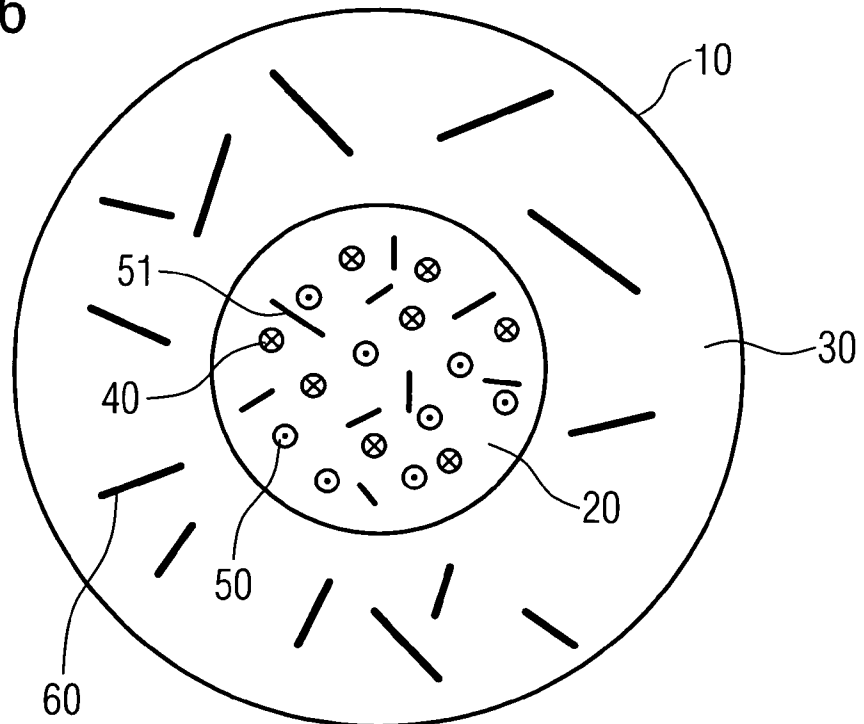


FIG 7

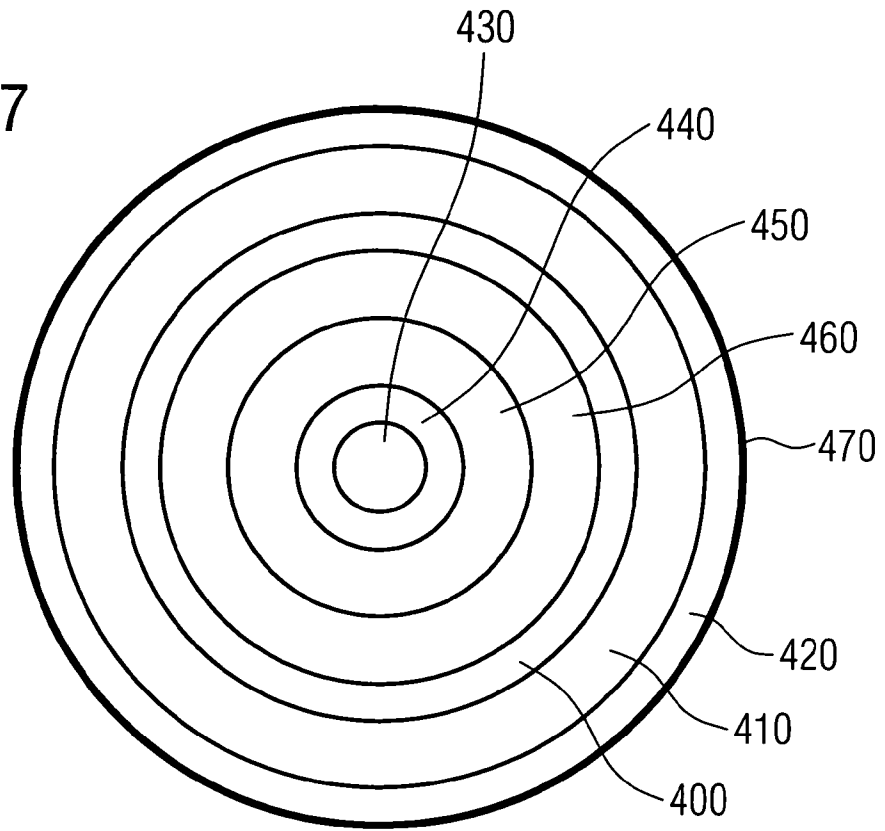


FIG 8

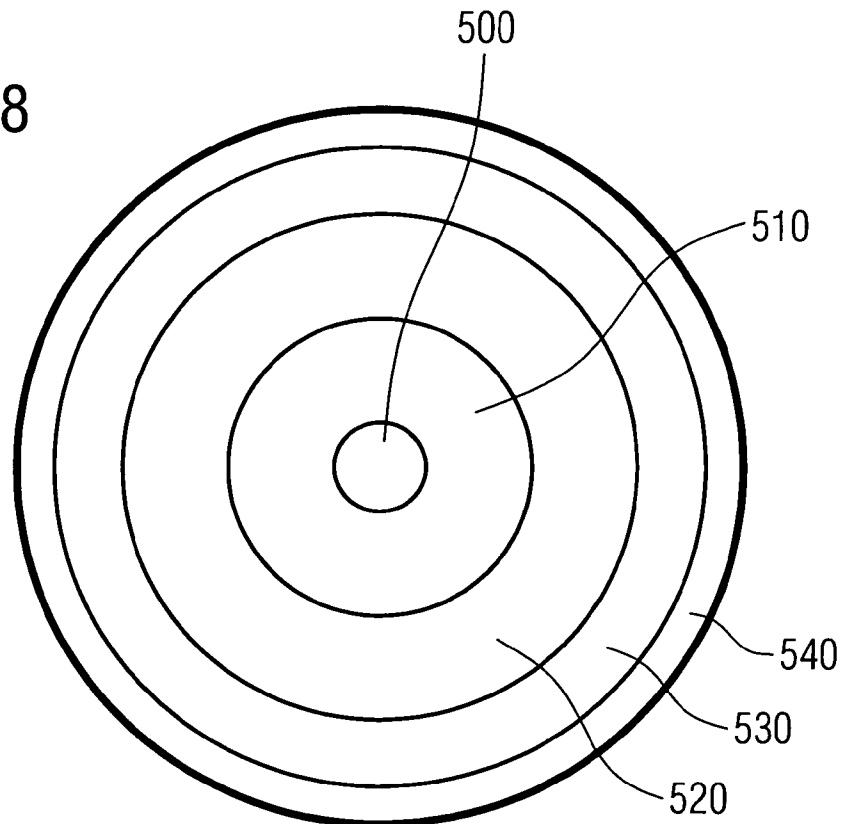
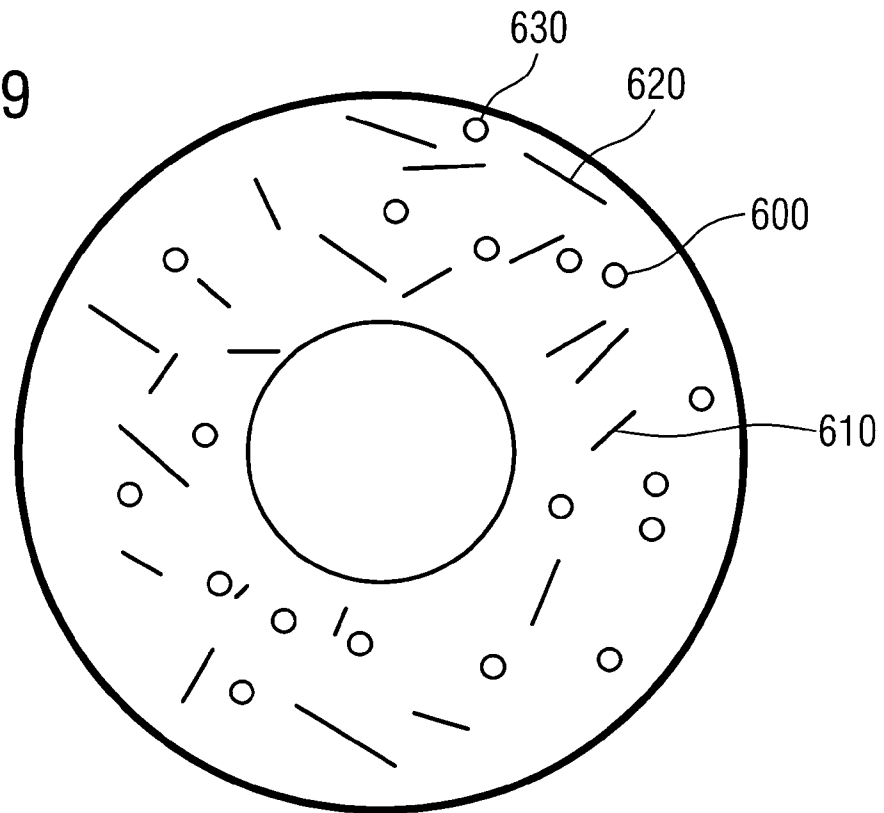


FIG 9



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/005624

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01B9/00 H01B17/64 H01B7/42  
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 H01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	WO 2009/137722 A1 (NANOCOMP TECHNOLOGIES INC [US]; MANN JENNIFER [US]; LASHMORE DAVID S []) 12 November 2009 (2009-11-12) paragraph [0010] - paragraphs [0011], [039]; claims 1-23	1,2,5-7,9,11
X	US 2007/151744 A1 (CHEN GA-LANE [US]) 5 July 2007 (2007-07-05) paragraph [0002] - paragraph [0021]; claims 1-13	1,2,5-7,9,11
X	US 2007/293086 A1 (LIU LIANG [CN] ET AL) 20 December 2007 (2007-12-20) paragraph [0018] - paragraph [0027]; claims 1-9; figures 1-2	1-12
	----- -/-- -----	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 May 2010

Date of mailing of the international search report

21/05/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marsitzky, Dirk

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/005624

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2003/096104 A1 (TOBITA MASAYUKI [JP] ET AL) 22 May 2003 (2003-05-22) paragraphs [0001], [ 006] - paragraph [0044]; examples 5,6 -----	1-16
Y	BAO, TIE, XU, SUO, ZHOU, HONG: "A facile method for creating an array of metal-filled carbon nanotubes" ADVANCED MATERIALS, vol. 14, 16 October 2002 (2002-10-16), pages 1483-1486, XP002580904 the whole document -----	1-16

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/005624

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2009137722 A1	12-11-2009	US 2010000754 A1 WO 2010036405 A1	07-01-2010 01-04-2010
US 2007151744 A1	05-07-2007	CN 1992099 A	04-07-2007
US 2007293086 A1	20-12-2007	CN 101090011 A	19-12-2007
US 2003096104 A1	22-05-2003	JP 2002273741 A	25-09-2002

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2009/005624

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. H01B9/00 H01B17/64 H01B7/42  
 ADD.  
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 H01B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
E	WO 2009/137722 A1 (NANOCOMP TECHNOLOGIES INC [US]; MANN JENNIFER [US]; LASHMORE DAVID S [ ]) 12. November 2009 (2009-11-12) Absatz [0010] - Absätze [0011], [0 39]; Ansprüche 1-23	1,2,5-7, 9,11
X	US 2007/151744 A1 (CHEN GA-LANE [US]) 5. Juli 2007 (2007-07-05) Absatz [0002] - Absatz [0021]; Ansprüche 1-13	1,2,5-7, 9,11
X	US 2007/293086 A1 (LIU LIANG [CN] ET AL) 20. Dezember 2007 (2007-12-20) Absatz [0018] - Absatz [0027]; Ansprüche 1-9; Abbildungen 1-2	1-12
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
4. Mai 2010	21/05/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Marsitzky, Dirk
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2003/096104 A1 (TOBITA MASAYUKI [JP] ET AL) 22. Mai 2003 (2003-05-22) Absätze [0001], [ 006] - Absatz [0044]; Beispiele 5,6 -----	1-16
Y	BAO, TIE, XU, SUO, ZHOU, HONG: "A facile method for creating an array of metal-filled carbon nanotubes" ADVANCED MATERIALS, Bd. 14, 16. Oktober 2002 (2002-10-16), Seiten 1483-1486, XP002580904 das ganze Dokument -----	1-16



**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/005624

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009137722 A1	12-11-2009	US 2010000754 A1 WO 2010036405 A1	07-01-2010 01-04-2010
US 2007151744 A1	05-07-2007	CN 1992099 A	04-07-2007
US 2007293086 A1	20-12-2007	CN 101090011 A	19-12-2007
US 2003096104 A1	22-05-2003	JP 2002273741 A	25-09-2002