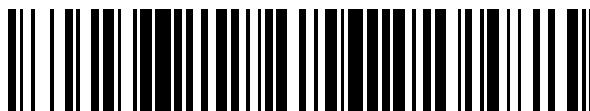


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 205**

51 Int. Cl.:

H02G 15/02	(2006.01)
H02G 15/04	(2006.01)
G01R 31/12	(2006.01)
H01B 3/46	(2006.01)
H01B 9/00	(2006.01)
H02G 1/14	(2006.01)
H02G 15/00	(2006.01)
H02G 15/064	(2006.01)
H02G 15/068	(2006.01)
H02G 15/184	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2016 PCT/DE2016/000205**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2016 WO16180396**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2016 E 16733276 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 3295530**

54 Título: **Accesorio de conexión de cables de alta tensión y procedimiento de fabricación de un accesorio de conexión de cables de alta tensión**

30 Prioridad:

12.05.2015 DE 102015107479

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.02.2020

73 Titular/es:

IPH INSTITUT "PRÜFFELD FÜR ELEKTRISCHE HOCHLEISTUNGSTECHNIK" GMBH (33.3%)
Landsberger Allee 378 A
12681 Berlin, DE;
POLYMERICS GMBH (33.3%) y
HPS GMBH BERLIN
HOCHSPANNUNGSPRÜFUNGEN & BERATUNG (33.3%)

72 Inventor/es:

HEIDMANN, GERD;
LEISTNER, ANIELA;
SIEBLER, DANIEL;
ROHWETTER, PHILIPP;
HABEL, WOLFGANG;
PLATH, RONALD y
LEISTNER, ANDRE

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 742 205 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Accesorio de conexión de cables de alta tensión y procedimiento de fabricación de un accesorio de conexión de cables de alta tensión

5 **[0001]** La invención presente concierne un accesorio de conexión de cables de alta tensión, en particular un empalme de cables y una terminación, así como el procedimiento de fabricación correspondiente.

10 **[0002]** En las instalaciones eléctricas para el suministro de energía, se producen fallos recurrentes debido a efectos perjudiciales en el accesorio de conexión de alta tensión y al envejecimiento de los aislamientos de polímero. Estos fallos son causados principalmente por descargas parciales. Sin embargo, estos fallos también se deben a errores de montaje, ya que, por ejemplo, las partículas más pequeñas que se introducen involuntariamente en el accesorio de conexión de alta tensión durante el montaje pueden provocar extremas elevaciones de campo locales durante el funcionamiento. Durante las descargas parciales, en el material aislante se forman las llamadas arborescencias debidas a descargas parciales que crecen con el paso del tiempo y que eventualmente provocan una disrupción eléctrica si los sistemas afectados no se apagan a tiempo. Por lo tanto, las descargas parciales en el aislamiento de los accesorios para cables, como las terminaciones y los empalmes para cables de alta tensión, pueden causar en una fase avanzada la destrucción total (explosión) de los accesorios para cables y fallos en el suministro eléctrico. Debido a la alta energía liberada por la disrupción eléctrica, pueden resultar dañadas otras partes del equipo. Por ello, el daño causado por estos eventos poco frecuentes puede ser considerable.

25 **[0003]** Por lo general, se supone que un material aislante polimérico en un campo alterno de alto voltaje se transforma en varias etapas. Los procesos que causan descargas parciales en dieléctricos bajo corriente continua podrían ser similares, pero no van a ser descritos detalladamente a continuación. Típicamente, en campos alternos de alta tensión se emplea un modelo de envejecimiento fenomenológico de tres etapas de aislamientos poliméricos que incluye el proceso de descarga parcial como tercera etapa. En la primera etapa, se proporcionan portadores de carga que se caracterizan por una intensidad de campo crítica característica en función del material y de la distribución del campo. Este proceso puede tener lugar en cualquier área del volumen del material aislante donde se exceda la intensidad de campo crítica, por ejemplo, debido a la heterogeneidad causada por la producción. Sin embargo, también puede tener lugar en la superficie límite en contacto con un conductor de corriente. La segunda etapa del modelo se caracteriza por el hecho de que, al comenzar la inyección de portadores de carga, tiene lugar una transferencia de energía del campo eléctrico a través de los portadores de carga inyectados a la matriz de polímero. Las heterogeneidades dependientes del material y relacionadas con la producción juegan un papel central en este caso, ya que sirven como puntos de partida para los mecanismos de daño irreversible que comienzan en esta fase. La inyección de portadores de carga en las respectivas semiondas del campo alterno de alta tensión produce una acumulación de carga espacial en los puntos de adherencia. Esto puede causar fenómenos de electroluminiscencia. La aparición de electroluminiscencia en esta fase puede ser causada por procesos conocidos como "de electrón caliente", por excitación de moléculas y por recombinaciones de portadores de carga. El material determina cuáles de estos procesos predominan. La transferencia de energía a través de los portadores de carga inyectados produce cambios químicos, mecánicos y térmicos irreversibles en la estructura del polímero. Por lo general, la curva de intensidad de campo local está fuertemente influenciada por las repercusiones en la carga espacial. Posteriormente, pueden formarse microcavidades que posiblemente están asociadas a la emisión de señales acústicas y en las que se encienden descargas parciales después de superar un tamaño crítico, alcanzando así la tercera etapa. Debido a cambios electroquímicos (pérdida de reacción) y/o durante las descargas parciales también pueden surgir tensiones mecánicas que ocasionen grietas y fisuras en el material aislante. A medida que el proceso avanza, pueden ocurrir descargas parciales cada vez más fuertes, lo que puede hacer que aparezcan arborescencias eléctricas y, finalmente, averías eléctricas no deseadas y los graves daños resultantes mencionados anteriormente.

50 **[0004]** La detección de heterogeneidades o de consecuencias del proceso de envejecimiento del material aislante solo es posible con métodos de medición eléctricos o electromagnéticos después de que hayan surgido las estructuras de destrucción (arborescencias eléctricas). Las mediciones eléctricas se ven influenciadas por perturbaciones electromagnéticas en condiciones prácticas y además son muy complejas desde el punto de vista técnico. Las informaciones cuantitativas sobre el grado de destrucción solo se pueden obtener de forma limitada o muy tarde. A menudo, para obtener dichas informaciones, las estructuras destructivas deben haber alcanzado un tamaño determinado, es decir, la disrupción, medida en relación con la vida útil del sistema electrotécnico estimada en aproximadamente 40 años, es inminente. Para una reparación eficaz del componente, por ejemplo, dentro de las fases de mantenimiento planificadas, puede ser ya demasiado tarde.

60 **[0005]** Las descargas parciales pueden ser detectadas con métodos que requieren fibra óptica. La publicación US 7.668.412 B2 describe un método y un sistema distribuido para la detección de descargas y la supervisión de cables eléctricos. Para ello, se acerca a los objetos a examinar una fibra óptica con un núcleo de dióxido de silicio de menos de 500 micrómetros de diámetro y un revestimiento en el que está integrado un material luminiscente. Luego, se coloca un fotodetector en el otro extremo de la fibra óptica que recibe y mide tanto una luz de emisión directa de un evento de descarga eléctrica parcial como la luz de emisión reflejada del primer extremo reflectante de la fibra óptica. Las señales medidas y sus tiempos de llegada se utilizan para determinar la ubicación y magnitud de una descarga eléctrica parcial.

Además, la publicación DE 10 2010 061 607 A1 describe un procedimiento para supervisar procesos de envejecimiento de un aislamiento en un dispositivo de alta tensión. El método incluye la medición de una señal luminosa generada en el aislamiento con un primer sensor de fibra óptica y la medición de una dimensión mecánica del aislamiento con un segundo sensor de fibra óptica basado en fibras ópticas dopadas con flúor, así como la estimación del estado de envejecimiento del aislamiento. Además, la publicación DE 10 2010 061 607 A1 describe un dispositivo de alta tensión con un aislamiento transparente o translúcido y un sensor de fibra óptica basado en fibras ópticas dopadas con fluoruro y un segundo sensor de fibra óptica para la detección de deformaciones.

Sin embargo, la sensibilidad de los sistemas de fibra óptica actuales que pueden utilizarse en dispositivos de alta tensión durante su funcionamiento no suele ser suficiente para detectar de forma fiable daños que preceden a descargas parciales en el aislamiento de los dispositivos de alta tensión causados por electrones en un rango de energía de solo unos pocos electron-voltios (eV) a unas pocas decenas de electronvoltios que producen electroluminiscencia. En el caso de las fibras ópticas con un núcleo dopado con fluoróforos, estos no están unidos covalentemente, sino disueltos físicamente. Debido a que pueden migrar a temperatura ambiente e incluso a bajas temperaturas, el campo de aplicación de este tipo de fibras ópticas fluorescentes (FOF) es limitado. A esto se suma el hecho de que un especialista desaprueba la introducción de colorantes orgánicos en el aislamiento de los accesorios de alta tensión, ya que dichos colorantes se consideran impurezas, pueden polarizarse eléctricamente fácilmente y, por lo tanto, pueden ser gérmenes para el crecimiento de las arborescencias, lo que en última instancia puede ocasionar una disrupción.

[0006] En vista de lo anterior, esta invención propone un accesorio para cables de alto voltaje como se define en la reivindicación 1, un método como se define en la reivindicación 12 y un uso como se define en la reivindicación 15.

[0007] Según un ejemplo de ejecución, un accesorio para cables de alta tensión diseñado para alojar un cable de alta tensión con un conductor de corriente eléctrica y un aislamiento para cables que rodea al conductor tiene un aislamiento y una guía de onda. El aislamiento dispone de una unidad de control de campo al menos parcialmente transparente o translúcida que comprende un polímero de siloxano, típicamente un elastómero de siloxano (unidad de control de campo elastomérica), y más comúnmente un elastómero de silicona. A su vez, el polímero de siloxano tiene fluoróforos que están acoplados covalentemente al polímero de siloxano y/o a los pigmentos dieléctricos incorporados en el polímero de siloxano y/o pigmentos dieléctricos, al menos en una región parcial de la unidad de control de campo. La unidad de control de campo está dispuesta de forma que rodee, al menos parcialmente, el aislamiento del cable de alta tensión. La guía de onda está dispuesta de tal manera que al menos una señal luminosa causada por una descarga parcial en la unidad de control de campo puede acoplarse de la unidad de control de campo a la guía de onda.

[0008] Típicamente, el accesorio para cables de alto voltaje es un empalme o una terminación para el cable.

[0009] En el presente documento, el término “alta tensión” abarca tensiones superiores a 1 kV, en particular los rangos de tensión nominal habituales en la transmisión de energía de media tensión, de unos 3 kV a unos 50 kV, de alta tensión, de unos 50 kV a unos 110 kV, así como tensiones muy altas de hasta 500 kV en la actualidad. En el caso de que las tensiones de funcionamiento de los cables aumenten aún más, también se incluirán estos rangos de tensión. Estos pueden ser tanto voltajes de corriente continua como de corriente alterna. El término “cable de alta tensión” se utiliza en el presente documento para referirse a un cable adecuado para conducir corriente de alta tensión, es decir, corriente eléctrica de más de un amperio a tensiones superiores a 1 kV. En lo sucesivo, los términos “cable de alta tensión” y “cable de alto voltaje” se utilizan como sinónimos. Por consiguiente, el término “accesorio de alta tensión” o “accesorio para cables de alta tensión” se refiere a un dispositivo adecuado para la conexión de cables de alta tensión entre sí o con instalaciones de alta tensión y/o líneas eléctricas de alta tensión.

[0010] Al incorporar fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos en el polímero de siloxano de la unidad de control de campo, sus propiedades eléctricas (conductividad y constante dieléctrica) no se ven influenciadas o solo se ven influenciadas de forma insignificante, de modo que la unidad de control de campo sigue garantizando el curso deseado del campo eléctrico durante el funcionamiento; sin embargo, por otro lado, se puede aumentar la proporción de señales luminosas producidas en la unidad de control de campo acoplada a la guía de onda. De este modo se pueden detectar con alta sensibilidad y fiabilidad descargas parciales e incluso fallos de montaje previos a las descargas parciales y/o daños operativos en el aislamiento causados por electrones en un rango de energía de solo unos pocos electronvoltios (eV) a unas pocas decenas de electronvoltios que producen electroluminiscencia.

[0011] Las señales de luz acopladas a la guía de onda pueden transmitirse a un detector óptico, por ejemplo, una fotocélula o un espectrómetro en una estación de control. Esto permite una detección precoz fiable (monitoreo en línea) de daños en el aislamiento, una estimación de la vida útil del aislamiento del equipo, así como una planificación a largo plazo del mantenimiento y la reparación del equipo. Esto puede prevenir la formación de estructuras de destrucción críticas que inician una disrupción mediante una reparación que se puede planificar fácilmente. La detección óptica de las señales luminosas generadas en el aislamiento también facilita mucho la determinación de la localización de fallos en el equipo.

[0012] Por consiguiente, un dispositivo de alta tensión tiene un cable de alta tensión con una unidad de control de campo basada en un polímero de siloxano que tiene fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos al menos en una región

parcial, estando los fluoróforos acoplados co-valentemente al polímero de siloxano y/o a los pigmentos dieléctricos incorporados en el polímero de siloxano, y una guía de onda dispuesta de tal manera que una señal luminosa procedente de la unidad de control de campo puede acoplarse desde la unidad de control de campo a la guía de onda, y un detector óptico que está acoplado a la guía de onda del accesorio de conexión de cables de alta tensión. Como red de suministro eléctrico, el dispositivo de alta tensión puede tener un gran número de dichos accesorios de conexión de cables de alta tensión.

[0013] Comúnmente, el dispositivo de alta tensión comprende además una unidad de control y evaluación acoplada al detector óptico, que típicamente conforma un dispositivo de supervisión para el accesorio de conexión de cables de alta tensión, y/o una fuente de luz conectada a la unidad de control y evaluación y colocada dentro de una carcasa del accesorio de conexión de cables de alta tensión, generalmente en un área de baja intensidad de campo eléctrico durante la operación del accesorio de conexión de cables de alta tensión conectado a uno o dos cables. La fuente de luz, p. ej. un LED, puede utilizarse para comprobar el funcionamiento del sensor formado por la guía de onda y el detector óptico para las señales de luz en el aislamiento causadas por procesos de deterioro.

[0014] La radiación óptica (señal luminosa) emitida por los procesos de deterioro que ha de ser detectada puede tener su origen tanto en procesos de electroluminiscencia (especialmente en áreas de alta intensidad de campo eléctrico en la unidad de control de campo) y fotoluminiscencia, en cada caso en ciertos rangos de longitud de onda, como en procesos de descarga parcial en las arborescencias eléctricas en desarrollo.

[0015] En el presente documento se emplea el término “descarga parcial” para referirse a descargas de corta duración, de energía relativamente baja y localmente limitadas en el aislamiento que no causan inmediatamente una disrupción eléctrica pero que dañan irreversiblemente el material del aislamiento. El término “descarga parcial” incluye en particular el término “descarga parcial interna”, es decir, un fenómeno de descarga no necesariamente visible desde el exterior en materiales aislantes no gaseosos, especialmente en materiales aislantes sólidos como los polímeros. Partiendo de defectos como cavidades y partículas extrañas o superficies de contacto con otros materiales, en particular con conductores de alta tensión, las descargas parciales pueden causar arborescencias eléctricas en el material aislante que crecen con el paso del tiempo, lo que a la larga puede provocar una disrupción. Las arborescencias eléctricas suelen tener un tamaño de más de 1 μm (micrómetro).

[0016] La carga aparente que puede medirse directamente en las conexiones de prueba de un dispositivo de medición eléctrica puede utilizarse como medida de la resistencia de una descarga parcial. Con métodos establecidos de medición eléctrica y electromagnética, pueden detectarse actualmente en condiciones de prueba normales descargas parciales con una carga aparente de más de 1 pC (picoculombios). La norma industrial IEC 60840 Ed. 4, 2011 requiere una precisión de medición de aproximadamente 5 pC para la comprobación de instalaciones de cables de alta tensión. Sin embargo, en el funcionamiento a alta tensión del accesorio de conexión de cables de alta tensión, los niveles de interferencia electromagnética de fondo limitan la sensibilidad de medición de estos métodos a un rango de entre 20 pC y 50 pC aproximadamente. El término “descarga parcial” se utiliza en este documento para referirse en particular a las descargas aisladas con cargas aparentes, es decir, cargas aparentes medibles eléctricamente, de más de 1 pC aproximadamente.

[0017] La guía de onda se puede colocar en la unidad de control de campo y/o en una superficie de la unidad de control de campo.

[0018] Generalmente, la guía de onda es una fibra óptica, más típicamente una fibra óptica polimérica (POF), que puede consistir en el polímero de siloxano de la unidad de control de campo u otro polímero de siloxano. De este modo se evitan en gran medida distorsiones del campo por la guía de onda en la unidad de control de campo.

[0019] Además, la fibra óptica puede tener un núcleo de fibra dopado por fluorescencia al menos en una sección de fibra ubicada en el interior o en la superficie de la unidad de control de campo. Esto permite un acoplamiento especialmente eficiente de la luz de la unidad de control de campo en la fibra óptica y una transmisión con baja pérdida de la luz acoplada.

Además, la guía de onda también puede ser modificada con fluoróforos unidos covalentemente en su revestimiento y/o núcleo.

[0020] Típicamente, los fluoróforos de la unidad de control de campo se seleccionan de modo que puedan convertir la señal luminosa causada por los procesos de daño en radiación de un rango de longitud de onda en el que el polímero de siloxano tiene una mayor transparencia que en el rango de longitud de onda de la señal luminosa original (primaria). Esto puede reducir las pérdidas de absorción en la unidad de control de campo y, por lo tanto, aumentar la sensibilidad de detección. Los fluoróforos de la unidad de control de campo pueden excitarse en un rango de longitud de onda inferior a 500 nm (por ejemplo, en el rango ultravioleta) y volver a emitir luz de longitud de onda más larga de acuerdo con su desplazamiento de Stokes, que es menos absorbida por el polímero de siloxano. Se pueden utilizar como fluoróforos, por ejemplo, colorantes de naftalimida que pueden estar unidos covalentemente a la red de polímero, normalmente una red de elastómero de silicona, a través de los grupos reactivos correspondientes.

[0021] Además de los grupos reactivos para reticulación, las siliconas suelen tener unidades de repetición de

siloxano (-O-Si(R)(R')-O-, SiO₂R₂) de dimetilsiloxano (R=R'=metil=CH₃), metilfenilsiloxano (R=metil=CH₃, R'=fenil=C₆H₅) o difenilsiloxano (R=R'=fenil=C₆H₅) o combinaciones de estos componentes. Los fluoróforos se pueden unir covalentemente a unidades de siloxano monomérico, pero también a siloxanos oligoméricos reticulables. Sin embargo, también son posibles otros residuos como los aromáticos condensados, los hidrocarburos fluorados o los hidrocarburos alifáticos a los que se pueden adherir los fluoróforos covalentemente.

[0022] La proporción de masa de los fluoróforos unidos covalentemente en la región parcial de la unidad de control de campo o en toda la unidad de control de campo en relación con el siloxano es normalmente de al menos 5 ppmw, dependiendo de las secciones transversales de absorción, y puede ascender a aproximadamente 500 ppmw (ppmw del inglés "parts per million by weight", corresponde a $10^6 \cdot \text{masa de fluoróforo} / \text{masa de siloxano}$). Esto permite una conversión y subsiguiente transmisión suficientemente adecuadas de la señal luminosa causada por los procesos de daño en la unidad de control de campo.

[0023] Para lograr una separación especialmente marcada entre las bandas de absorción y de emisión que permita reducir aún más la reabsorción dentro del volumen dopado de la unidad de control de campo, el polímero de siloxano puede modificarse con varios fluoróforos unidos covalentemente que actúan como pares FRET (pares de transferencia de energía de resonancia de Förster). Un polímero de silicona puede doparse con naftalina y dansil, naftalimida y dietilaminocumarina, o fluoresceína y rodamina. En cada caso, dos moléculas del par FRET son unidas a una molécula portadora común (pasiva ópticamente y con respecto a los sistemas de electrones de las moléculas de fluoróforo) mediante pasos de síntesis adecuados antes de la unión covalente a la red de siloxano, de modo que su distancia espacial se limita permanentemente a un valor dentro del radio FRET de entre 30 y 70 ángstroms aproximadamente.

[0024] Típicamente, los fluoróforos están acoplados covalentemente al polímero de siloxano o a partículas dieléctricas incorporadas en el polímero de siloxano que a su vez pueden estar unidas covalentemente al polímero de siloxano. Las partículas dieléctricas pueden ser partículas funcionalizadas, generalmente nanopartículas. Como partículas dieléctricas pueden servir, por ejemplo, partículas de dióxido de silicio con función de superficie de hidrosiloxano o las partículas de poliorganosiloxano con funcionalidades insaturadas (por ejemplo, los grupos hidrido o los grupos de hidrocarburos insaturados como los grupos alilo y vinilo).

[0025] El acoplamiento covalente de los fluoróforos evita la difusión de los fluoróforos en el polímero de siloxano. Esto permite conservar los fluoróforos durante la vida útil prevista de hasta varias décadas en la región parcial, por ejemplo, en regiones parciales especialmente expuestas al riesgo de daños o en regiones parciales que sirven para transmitir la luz.

[0026] Por lo general, la unidad de control de campo ocupa el espacio del accesorio de conexión de alta tensión en el que la intensidad de campo en funcionamiento a alta tensión es demasiado grande para el aislamiento restante.

[0027] Típicamente, la unidad de control de campo, también conocida como cuerpo de control de campo, está provista de un deflector conductor para cambiar el campo eléctrico en el accesorio de conexión de alta tensión; dicho deflector se puede contactar con un blindaje del cable de alta tensión. La unidad de control de campo puede estar diseñada en particular como un cono de control de campo con un deflector conductor integrado.

[0028] Por medio del deflector, la unidad de control de campo puede guiar las líneas de campo en el funcionamiento a alta tensión del accesorio de conexión de cables de alta tensión de tal manera que la intensidad de campo fuera de la unidad de control de campo sea suficientemente baja. El deflector conductor puede presentar un alto coeficiente de absorción en el rango de longitud de onda esperado del fenómeno de electroluminiscencia y/o de descarga parcial debido a partículas de grafito u hollín depositadas y representa una parte de la unidad de control de campo en general no transparente o altamente absorbente.

[0029] El deflector puede estar hecho del polímero de siloxano de la parte restante de la unidad de control de campo o de otro polímero de siloxano. El polímero de siloxano del deflector también puede modificarse con fluoróforos unidos covalentemente y/o tener pigmentos dieléctricos, por ejemplo, en el borde en contacto con la parte restante de la unidad de control de campo. Esto evita que parte de la señal luminosa penetre en el deflector más absorbente.

[0030] Según un perfeccionamiento, la unidad de control de campo dispone de varios fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos inconexos o incluso espaciados. Esto permite acoplar en la guía de onda una proporción particularmente alta de la señal luminosa causada o acompañada por procesos de daño en la unidad de control de campo. Por ejemplo, la señal luminosa primaria causada o acompañada por procesos de daño en la unidad de control de campo puede ser convertida en una primera región parcial por sus fluoróforos en una señal luminosa secundaria de onda más larga, que es reflejada por los pigmentos de una segunda región parcial y, por lo tanto, se impide al menos parcialmente su penetración en el deflector absorbente, se impide que salga de la unidad de control de campo en la dirección de otra región de aislamiento no polimérica y/o es desviada en dirección de la guía de onda por lo menos parcialmente.

[0031] La unidad de control de campo puede tener varias regiones parciales con fluoróforos y/o varias regiones parciales con pigmentos, pero también solo una región parcial con fluoróforos o solo una región parcial con pigmentos.

Típicamente, las regiones parciales son regiones tridimensionales. Si la concentración de fluoróforos o pigmentos en la región parcial o las regiones parciales es muy alta, estas también pueden ser muy delgadas, por ejemplo, en comparación con las dimensiones de la unidad de control de campo, representan prácticamente un área típicamente curvada (es decir, una capa delgada con una gran relación superficie/volumen), que puede situarse cerca de una superficie de la unidad de control de campo, y/o representar una parte de la superficie. Esto puede ser interesante, por ejemplo, para regiones parciales que contienen solo pigmentos, ya que se puede garantizar una buena retrodispersión de la luz en el volumen restante de la unidad de control de campo o en la guía de onda y se evita prácticamente cualquier influencia en la trayectoria del campo eléctrico, ya que los campos cercanos a la superficie exterior de la unidad de control de campo son comparativamente pequeños.

[0032] Típicamente, la reflectividad de los pigmentos dieléctricos es mayor que 0,8, y más típicamente mayor que 0,9, para reflejar tanta luz como sea posible en las direcciones deseadas. Por lo tanto, los pigmentos dieléctricos suelen ser blancos. Los pigmentos dieléctricos pueden ser especialmente partículas de TiO₂, ZnO, SnO, o Al₂O₃ o partículas dieléctricas con recubrimientos de estos materiales.

[0033] Típicamente, la concentración de pigmentos dieléctricos en la región parcial es superior al 1 % del volumen, más típicamente superior al 2 % del volumen, e incluso más típicamente superior al 5 % del volumen. Esto permite que se refleje una proporción suficientemente alta de la luz.

[0034] Generalmente, la forma y la disposición de la región parcial o regiones parciales y de las guías de onda están adaptadas entre sí para conseguir una transmisión de la luz especialmente buena y, por tanto, una alta sensibilidad de medición.

[0035] Según un ejemplo de ejecución, un proceso para fabricar un accesorio de conexión de cables de alta tensión para alojar un cable de alta tensión con un conductor de corriente eléctrica y un aislamiento para cables que rodea al conductor comprende los siguientes pasos:

- Formar una unidad de control de campo al menos regionalmente transparente o translúcida basada en un polímero de siloxano, típicamente basada en un elastómero de silicona;
- Colocar la unidad de control de campo en una carcasa del accesorio de conexión de cables de alta tensión, de modo que la unidad de control de campo pueda rodear, al menos parcialmente, el aislamiento del cable de alta tensión; y
- Colocar una guía de onda en la carcasa.

[0036] El método se realiza de tal manera que el polímero de siloxano presenta fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos en al menos una región parcial de la unidad de control de campo, y que al menos una señal luminosa causada por una descarga parcial en la unidad de control de campo puede acoplarse desde la unidad de control de campo a la guía de onda.

[0037] Típicamente la formación de la unidad de control de campo comprende la mezcla de los componentes reticulables de un sistema de siloxano, que suele ser de dos componentes, con los fluoróforos funcionalizados para reticulación, fluoróforos unidos a partículas dieléctricas y/o pigmentos dieléctricos para formar una mezcla, la introducción de la mezcla en el molde y la polimerización de la mezcla en el molde.

[0038] Dado que la unidad de control de campo que se va a producir normalmente tiene regiones libres o ligeramente modificadas con fluoróforos y pigmentos dieléctricos unidos covalentemente, también se suele introducir siloxano sin fluoróforos y pigmentos dieléctricos en el molde.

[0039] Dependiendo de la disposición y la forma de las regiones parciales, el proceso también puede ser iterativo. Esto significa que la unidad de control de campo comprende varios ciclos de introducción de la mezcla o del siloxano y de la posterior polimerización de la mezcla en el molde.

[0040] Los pigmentos dieléctricos pueden aplicarse alternativamente o adicionalmente a una superficie o sección de superficie del molde antes de la introducción de la mezcla, o como revestimiento después de retirar el siloxano polimerizado del molde, por ejemplo, aplicando una pintura de resina de silicona blanca, es decir, una pintura a base de resina de silicona con partículas dieléctricas blancas, como las partículas de TiO₂.

[0041] Antes de la polimerización (en un ciclo), se puede insertar una sección de la guía de onda en el molde.

[0042] Sin embargo, la guía de onda solo puede aplicarse a una superficie de la unidad de control de campo, por ejemplo, pegándola a la superficie mediante un adhesivo de silicona, después de que se haya formado en el molde. Además, la guía de onda aplicada puede ser provista de una capa reflectante a base de siloxano, por ejemplo, aplicando una pintura de resina de silicona apropiada. Esto puede reducir aún más las pérdidas de luz. Estos pasos también se pueden llevar a cabo in situ.

[0043] Incluso es posible montar la región parcial covalentemente modificada como anillo exterior en una unidad de control y pegarla allí si es necesario. También esto se puede hacer in situ, de modo que incluso los dispositivos de

alta tensión existentes se pueden reequipar, por ejemplo, durante el mantenimiento.

[0044] Según un ejemplo de ejecución, un polímero de siloxano que contiene fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos se utiliza para aislar un dispositivo de alta tensión.

[0045] Mediante al menos una guía de onda acoplada ópticamente al aislamiento y un de-tector óptico acoplado a dicha(s) guía(s) de onda, los daños o los procesos de envejecimiento del aislamiento pueden ser monitoreados con alta sensibilidad y fiabilidad.

[0046] El dispositivo de alta tensión suele ser un accesorio de conexión de cables de alta tensión, en particular un empalme o una terminación para cables, cuya unidad de control de campo comprende normalmente regiones parciales del polímero de siloxano que contienen fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos.

[0047] El polímero de siloxano modificado con fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos enlazados covalentemente también puede ser utilizado como aislante en otros equipos de alta tensión como transformadores de tensión y aparatos.

[0048] Según un ejemplo de ejecución, un dispositivo de alta tensión comprende un aislamiento basado en un polímero de siloxano que es al menos parcialmente transparente o translúcido, teniendo el polímero de siloxano fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos en al menos una parte del aislamiento, y una guía de onda que está dispuesta de tal manera que al menos una señal luminosa causada por una descarga parcial en el aislamiento puede acoplarse desde el aislamiento a la guía de onda.

[0049] Otras configuraciones favorables, detalles, aspectos y características de la invención presente se pueden derivar de las reivindicaciones secundarias, la descripción y los esquemas adjuntos. Se trata de las siguientes figuras:

La fig. 1 muestra una sección transversal esquemática de un accesorio de conexión de alta tensión según un ejemplo de ejecución;

La fig. 2 muestra una sección transversal esquemática de un accesorio de conexión de alta tensión según un ejemplo de ejecución;

La fig. 3 muestra una sección transversal esquemática de un accesorio de conexión de alta tensión según otro ejemplo de ejecución;

La fig. 4 muestra una sección transversal esquemática de un accesorio de conexión de alta tensión según un ejemplo de ejecución;

La fig. 5 muestra una sección transversal esquemática de un accesorio de conexión de alta tensión según un ejemplo de ejecución;

La fig. 6 muestra una sección transversal esquemática de un accesorio de conexión de alta tensión según un ejemplo de ejecución y

La fig. 7 muestra una sección transversal esquemática de un accesorio de conexión de alta tensión según otro ejemplo de ejecución.

[0050] La fig. 1 muestra un accesorio de conexión de alta tensión 100 para alojar un cable de alta tensión 1 según un ejemplo de ejecución en una vista esquemática de la sección transversal central a lo largo del eje cilíndrico del cable de alta tensión 1. El cable de alta tensión de simetría rotativa 1 contiene en su interior un conductor 11 para la conducción de corriente de alta tensión, por ejemplo, un conductor de aluminio o cobre, que está rodeado por un aislamiento de cable 12, normalmente un aislamiento de XLPE (polietileno reticulado), y un blindaje de cable exterior 13, por ejemplo, una capa conductora exterior o un blindaje de cable exterior semiconductor. Además, el cable de alta tensión 1 puede tener capas de acolchado adicionales y un blindaje de cobre y un revestimiento exterior para protegerlo de las influencias ambientales. Este puede ser un revestimiento de polietileno o un revestimiento de otro material libre de halógenos. Por razones de claridad, estos componentes no se muestran en la fig. 1 ni en las siguientes figuras. Además, el cable de alta tensión 1 puede tener una capa conductora interna entre el conductor 11 y el aislamiento de polietileno reticulado. Esta capa conductora interna tampoco se muestra.

[0051] El accesorio de conexión de alta tensión 100 que se muestra en la fig. 1 representa una terminación de cable 100 como el que se utiliza, por ejemplo, para líneas aéreas. La terminación de cable 100 tiene una carcasa 110, p. ej. una carcasa de cerámica, que protege las partes interiores del accesorio de conexión de alta tensión 100 del entorno. La carcasa 110 contiene normalmente (aparte de las aberturas, p. ej., para el cable de alta tensión 1) un espacio interior axialmente simétrico en sección transversal, p. ej., de simetría cilíndrica. En el interior de la carcasa 110 hay una zona de aislamiento 3. El área de aislamiento 3 se puede formar, por ejemplo, con un espacio de aislamiento ampliamente transparente lleno de aceite o gas.

[0052] En el cable de alta tensión 1 insertado en la terminación 100 se han retirado las capas exteriores (cubierta del cable, capas de acolchado y blindaje metálico), el blindaje exterior típicamente semiconductor del cable 13 continúa en el área de la unidad de control de campo y, a continuación, solamente el aislamiento del cable 12 con el conductor 11 continúa axialmente pasando a través de la terminación hasta la armadura superior. Solo el conductor 11 se pasa completamente a través de la terminación de cable 100, para ser conectado a la línea aérea en la zona derecha de la

figura 1 después de salir de la terminación de cable 100. En el interior de la terminación de cable 100, el conductor 11 está directamente rodeado por el área de aislamiento 2 solo en el área del aislamiento del cable extraído. Para alojar el cable de alta tensión 1, en el interior de la carcasa 110 se inserta una unidad de control de campo eléctricamente aislante con simetría rotativa 2, que ocupa aquella parte del interior en la que la intensidad de campo eléctrico sería demasiado grande para los materiales aislantes en el área de aislamiento 3. La unidad de control de campo 2 tiene un cilindro hueco interior en el que se puede insertar el cable de alta tensión 1. La unidad de control de campo 2 puede estar diseñada, por ejemplo, como cono de control de campo.

[0053] Típicamente, la unidad de control de campo 2 es una unidad de control de campo elastomérica que consiste al menos en una parte de un cuerpo de elastómero transparente o translúcido, por ejemplo, de un cuerpo de elastómero de silicona con transparencia suficientemente alta a una o más longitudes de onda de entre 300 nm y 900 nm aproximadamente. El cilindro hueco interior tiene típicamente unas dimensiones que permiten que haya un ajuste a presión entre el aislamiento 12 del cable insertado 1 y la unidad de control de campo 2 y que dicha unidad de control de campo 2 forme así un cono de tensión. El área de aislamiento no polimérica 3 y la unidad de control de campo 2 forman juntos el aislamiento 2, 3 de la terminación de cable 100.

[0054] La unidad de control de campo 2 y/o el cable de alta tensión 1 pueden fijarse adicionalmente, por ejemplo, mediante resortes, a la carcasa 110 o en una zona 5 cercana al cable con potencial de tierra (al menos casi libre de campo) de la zona de aislamiento 3, por ejemplo, si la zona de aislamiento 3 está formada por un cuerpo aislante sólido. Esta fijación de la unidad de control de campo 2 y/o del cable de alta tensión 1 se utiliza típicamente en la construcción de la terminación de cable 100 en estructura de componentes. El aislamiento 2, 3 comprende una unidad de control de campo 2, independientemente de la estructura utilizada, para alojar el cable 1 con aislamiento de cable parcialmente retirado 12 y para guiar adecuadamente las líneas de campo durante el funcionamiento a alta tensión. Por otro lado, un empalme de cable que no se muestra en las figuras está provisto de dos unidades de control de campo, cada una para recibir uno de los dos cables que se conectarán con aislamiento parcialmente retirado y para guiar adecuadamente las líneas de campo durante el funcionamiento a alta tensión del accesorio de conexión de cables de alta tensión.

[0055] Para reducir el campo eléctrico se utiliza típicamente una unidad de control de campo elastomérica 2 en la que está integrado un deflector conductor 4 con la forma adecuada. El deflector conductor 4 está en contacto eléctrico con el blindaje del cable 13. Generalmente, el deflector conductor 4 está hecho también de un elastómero de silicona que, sin embargo, tiene una conductividad eléctrica adecuada debido al dopaje, por ejemplo, con carbono.

[0056] Debido a heterogeneidades del material o a fallos, normalmente hay áreas de aumento de la intensidad de campo en la unidad de control de campo 2 durante el funcionamiento. La probabilidad de que se produzcan daños o descargas parciales y, por lo tanto, de que se produzcan señales luminosas, aumenta en las áreas 8 con mayor intensidad de campo.

[0057] En el ejemplo de ejecución de la fig. 1, una guía de onda 51 conduce al interior del equipo de alta tensión 100 hasta la unidad de control de campo 2, donde forma varias espiras 51w cerca de la superficie de la unidad de control de campo 2. De este modo, la guía de onda 51 está parcialmente incorporada en la unidad de control de campo 2. Dado que la guía de onda 51 está dispuesta en un área de baja intensidad de campo durante el funcionamiento (protegida del área 8 por el deflector), cualquier diferencia moderada en la constante dieléctrica efectiva de la guía de onda 51 con respecto a la constante dieléctrica efectiva del material de la unidad de control de campo 2 (siloxano) solo tiene una influencia menor en la trayectoria del campo en el funcionamiento a alta tensión.

[0058] Debido a las espiras 51W en forma de bobina o de hélice espiral, puede incrementarse la probabilidad de acoplamiento de una señal luminosa primaria que acompaña a un proceso de cambio inducido por el campo de alta tensión y mediado por los portadores de carga (proceso de daño) en la unidad de control de campo 2 a la guía de onda 51. De este modo, también puede aumentarse la probabilidad de detección del proceso de daño mediante un detector óptico acoplado a la guía de onda.

[0059] La probabilidad de detección del proceso de daño también puede aumentarse a través de la región parcial en forma de cono truncado hueco 2a de la unidad de control de campo 2 en el ejemplo de ejecución, ya que el elastómero de silicona de la unidad de control de campo 2 en la región parcial 2a está modificado con fluoróforos unidos covalentemente que convierten una señal luminosa primaria generada más probablemente en la parte 8 en una señal luminosa secundaria de longitud de onda más larga que se absorbe menos. Además, la emisión difusa de fotones de los fluoróforos también causa una reducción de la cantidad de luz que sale de la unidad de control de campo 2 a la zona de aislamiento 3.

[0060] La guía de onda 51 es generalmente una fibra óptica fluorescente (FOF), y más comúnmente una fibra óptica fluorescente polimérica con un núcleo dopado. Típicamente, el espectro de onda de absorción del fluoróforo se ajusta al espectro esperado de las señales de luz en la unidad de control de campo 2. Esto permite disponer de un sensor extremadamente sensible para las señales luminosas. En particular, se puede prever que el núcleo de la FOF tenga tanto fluoróforos con un espectro de absorción ajustado a la señal luminosa primaria como fluoróforos con un espectro de absorción ajustado a un espectro de emisión de los fluoróforos de la región parcial 2a (núcleo dopado múltiple de

la FOF).

[0061] Por ejemplo, los fluoróforos de la región parcial 2a pueden absorber luz de un rango de la gama de longitudes de onda de 280 nm a 500 nm, más típicamente de 315 nm a 500 nm e incluso más típicamente de 350 nm a 500 nm y emitir luz (secundaria) de longitud de onda más larga en la gama de longitudes de onda superiores a 500 nm, por ejemplo en la gama de 500 nm a 800 nm, comúnmente en una región parcial de la misma en la que absorben los fluoróforos del núcleo de la FOF. El espectro de emisión de los fluoróforos de la región parcial 2a suele tener un fuerte solapamiento con el espectro de absorción de los fluoróforos del núcleo de la FOF. También es posible utilizar varios fluoróforos y generar un gradiente de energía. Además, es posible utilizar pares de pinturas fluorescentes geoméricamente fijados que permiten una transferencia de energía libre de radiación y, por lo tanto, sin pérdidas (pares FRET).

[0062] Si la constante dieléctrica efectiva de la fibra óptica 51 difiere de aquella de la unidad de control de campo 2, puede cambiar la distribución del campo eléctrico en el aislamiento. En este caso, la forma y/o la conductividad de la unidad de control de campo 2, en particular del deflector, también puede modificarse de manera que el cambio en el campo eléctrico se vea compensado por la fibra óptica. Sin embargo, también puede evitarse en gran medida el cambio en la distribución del campo eléctrico, al menos si la fibra óptica 51 también se basa en un siloxano.

[0063] La fibra óptica fluorescente 51 forma típicamente, junto con un detector óptico que no se muestra en la figura, un "sensor FOF", es decir, el detector está ajustado a un espectro de ondas de emisión del fluoróforo (o fluoróforos) del núcleo dopado. Tanto el revestimiento como el núcleo de la fibra óptica también pueden modificarse con fluoróforos unidos covalentemente.

[0064] Al menos un extremo de la fibra óptica fluorescente 51 está conectado al detector óptico (acoplado ópticamente). Sin embargo, también pueden estar conectados ambos extremos de la fibra óptica fluorescente 51 al detector óptico. Esto permite alcanzar una sensibilidad de medición particularmente alta. El detector óptico es típicamente un convertidor optoelectrónico, por ejemplo, un fotodiodo, un fotodiodo de avalancha, un fotomultiplicador o incluso un espectrómetro.

[0065] El detector óptico y una unidad de evaluación (que tampoco se muestra) conectada a este se encuentran normalmente en un espacio libre de campo 5 o fuera de la carcasa de la terminación 110. Esto permite que el detector y la unidad de evaluación estén protegidos en gran medida contra las interferencias electromagnéticas del campo de alta tensión. La unidad de evaluación puede ser incluso una unidad de control y evaluación.

[0066] La fibra óptica fluorescente 51 puede conducirse directamente a la unidad de evaluación. Sin embargo, también es posible conectar la fibra óptica fluorescente a la unidad de evaluación a través de una fibra de transporte con menor atenuación.

[0067] Además, también es posible incorporar en la unidad de control de campo no solo una fibra óptica fluorescente con un rango de longitud de onda de absorción ajustado, sino también varias con diferentes rangos de longitud de onda de absorción. Esto permite detectar con alta sensibilidad una sección más amplia del espectro de emisión de descargas parciales y/o electroluminiscencia. Cada una de estas fibras ópticas fluorescentes puede conectarse a un detector individual, por ejemplo, un fotodiodo individual adaptado al fluoróforo correspondiente, a través de su propia fibra óptica de transporte. Las señales de los fotodiodos individuales pueden entonces, por ejemplo, sumarse simplemente para determinar una medida integral de la potencia lumínica.

[0068] El deflector conductor 4 puede ser opaco debido a su dopaje. En este caso, como se muestra en la fig. 1, el deflector bloquea la fibra óptica fluorescente ópticamente al menos en parte del área 8 con una mayor intensidad de campo. No obstante, debido a la región parcial dopada por fluorescencia 2a, las señales luminosas primarias que emanan del área 8 pueden ser detectadas a través de señales luminosas secundarias.

[0069] Alternativamente, la subzona 2a también puede estar dopada con pigmentos que reflejen bien las señales de luz primaria, por ejemplo, partículas de óxido de titanio, en lugar de fluoróforos. Esto también puede compensar, al menos parcialmente, el efecto de bloqueo de un deflector 4 no transparente o fuertemente absorbente.

[0070] Incluso puede estar previsto que la región parcial 2a tenga una parte interna dopada por fluorescencia (anillo interior, debido a la simetría axial, la región parcial tiene típicamente forma de anillo) y una parte externa dopada por pigmentos (anillo exterior). Con esta disposición, se puede acoplar una potencia lumínica especialmente alta de la unidad de control de campo a la fibra óptica 51.

[0071] La fig. 2 muestra un accesorio de conexión de alta tensión 200 para alojar un cable de alta tensión 1 según un ejemplo de ejecución en una vista esquemática de la sección transversal central a lo largo del eje cilíndrico del cable de alta tensión 1. El accesorio de conexión de alta tensión 200 es similar al accesorio de conexión de alta tensión 100 descrito con referencia a la fig. 1 y también representa una terminación de cable. Sin embargo, la fibra óptica 51 de la terminación de cable 200 no está incorporada en la unidad de control de campo 2, sino que está dispuesta en su superficie exterior, por ejemplo, pegada a ella. También con esta disposición, se pueden detectar procesos de

envejecimiento causados por campos de alta tensión con alta sensibilidad.

[0072] Además, en el espacio 5 libre de campo se encuentra una fuente de luz 40, p. ej. un LED, que está conectada a la unidad de control y evaluación y que puede ser utilizada por esta para comprobar y/o calibrar el sensor de fibra óptica.

[0073] La fig. 3 muestra un accesorio de conexión de alta tensión 300 para alojar un cable de alta tensión 1 según un ejemplo de ejecución en una vista esquemática de la sección transversal central a lo largo del eje cilíndrico del cable de alta tensión 1. El accesorio de co-nexión de alta tensión 300 es similar al accesorio de conexión de alta tensión 100 con referencia a la fig. 1 y también representa una terminación de cable. Con excepción del deflector 4, la unidad de control de campo 2 de la terminación de cable 200 consiste en un elastómero de siloxano dopado con fluoróforos, por ejemplo, un elastómero de silicona dopado con fluoróforos. La unidad de control de campo 2 de la terminación de cable 200 puede fabricarse con relativa facilidad, ya que aparte del deflector 4 solo se necesita un siloxano mezclado con fluoróforos.

[0074] Además, en este ejemplo de ejecución, el área 8 con mayor intensidad de campo también está dopada con fluoróforos. Por lo tanto, las señales luminosas primarias que se producen en el área 8 de máximo peligro para los procesos de envejecimiento inducidos por el campo se pueden convertir eficientemente en señales luminosas secundarias de mayor longitud de onda y la sensibilidad de medición puede aumentar gracias a la menor pérdida de absorción de las señales luminosas secundarias.

[0075] Esto también se aplica en gran medida a la terminación de cable que se muestra en la fig. 4 en una vista esquemática de la sección transversal central a lo largo del eje cilíndrico del cable de alta tensión 1 cuya unidad de control de campo 2 tiene una región parcial 2a hueca en forma de cono dopada con fluoróforos, que en su mayor parte contiene el área 8 de máximo peligro para los procesos de envejecimiento inducidos por el campo.

[0076] La región parcial 2a, que contiene parcial o totalmente el área 8, puede ser de forma cilíndrica hueca como alternativa a la geometría mostrada en la fig. 4 y extenderse, por ejemplo, hasta el aislamiento del cable 12 o hasta cerca de este.

[0077] La fig. 5 muestra un accesorio de conexión de alta tensión 500 para alojar un cable de alta tensión 1 según un ejemplo de ejecución en una vista esquemática de la sección transversal central a lo largo del eje cilíndrico del cable de alta tensión 1. El accesorio de co-nexión de alta tensión 500 es similar al accesorio de conexión de alta tensión 100 en relación con la fig. 1 y también representa una terminación de cable. Sin embargo, la región parcial 2a de la unidad de control de campo 2 de la terminación de cable 500 no está dopada con fluoróforos, sino con pigmentos dieléctricos. Mediante la reflexión de las señales luminosas primarias, en particular las del área 8, en los pigmentos dieléctricos de la región parcial 2a, se puede aumentar la proporción de la señal luminosa primaria acoplada a la fibra óptica 51. En esta forma de ejecución, la subzona 2a forma una capa reflectante.

[0078] En el ejemplo de ejecución de la fig. 5, la fibra óptica 51 está colocada solo en la superficie de la unidad de control de campo 2. De este modo, la fibra óptica 51 puede instalarse o reequiparse in situ. La fibra óptica 51 de la tapa del extremo del cable 500 también puede estar incorporada parcialmente en la unidad de control de campo 2, tal y como se ha explicado anteriormente con referencia a la fig. 1. Debido a las condiciones de fabricación definidas, cabe esperar una menor fluctuación de la sensibilidad para la medición de los procesos de envejecimiento inducidos por el campo. Si la fibra óptica 51 está parcialmente incorporada en la unidad de control de campo 2, se pueden reducir aún más las pérdidas de luz a través de una región parcial de la unidad de control de campo 2 con pigmentos dieléctricos que actúa como una capa reflectante; dicha región parcial se encuentra detrás de las espiras 51w, vista desde el área 8. Estas afirmaciones también se aplican de forma análoga a los ejemplos de ejecución de las figuras 3 y 4.

[0079] La fig. 6 muestra un accesorio de conexión de alta tensión 600 para alojar un cable de alta tensión 1 según un ejemplo de ejecución en una vista esquemática de la sección transversal central a lo largo del eje cilíndrico del cable de alta tensión 1. El accesorio de co-nexión de alta tensión 600 es similar al accesorio de conexión de alta tensión 100 y también representa una terminación de cable. Sin embargo, en la unidad de control de campo 2 de la terminación de cable 600 están incorporadas dos fibras ópticas 51, 52 (o incluso más de dos fibras ópticas) y dispuestas circunferencialmente. Además, las fibras ópticas 51, 52 están conducidas hasta la región parcial 2a dopada con fluoruro, o al menos hasta cerca de la zona 2a. Con esta disposición, los procesos de envejecimiento causados por campos de alta tensión pueden detectarse con una sensibilidad especialmente alta a través de las señales luminosas asociadas.

[0080] La fig. 7 muestra un accesorio de conexión de alta tensión 700 para alojar un cable de alta tensión 1 según un ejemplo de ejecución en una vista esquemática de la sección transversal central a lo largo del eje cilíndrico del cable de alta tensión 1. El accesorio de co-nexión de alta tensión 700 es similar al accesorio de conexión de alta tensión 600 descrito con referencia a la fig. 6 y también representa una terminación de cable. Sin embargo, las fibras ópticas 51, 52 de la terminación de cable 700 no conducen a la región parcial 2a, sino solo a otra región parcial 2b que también contiene fluoróforos.

5 **[0081]** Mientras que los fluoróforos de la región parcial 2a absorben típicamente luz de un rango de la gama de longitudes de onda de 280 nm a 500 nm, más típicamente de 315 nm a 500 nm e incluso más típicamente de 350 nm a 500 nm y emiten una luz (secundaria) de longitud de onda más larga en la gama de longitudes de onda superiores a 500 nm, por ejemplo en la gama de 500 nm a 800 nm, típicamente en un rango de la misma en la que absorben los fluoróforos de la otra región parcial 2a y posiblemente también los fluoróforos del núcleo de las fibras ópticas 51, 52. El espectro de emisión de los fluoróforos de la región parcial 2a suele tener un fuerte solapamiento al menos con el espectro de absorción de los fluoróforos de la región parcial 2b.

10 **[0082]** Alternativamente, la región parcial 2a de la terminación de cable 700 también puede estar diseñada como una región parcial reflectante, es decir, como una región parcial dopada con pigmentos dieléctricos.

15 **[0083]** Según otro ejemplo de ejecución que no se muestra, se incorporan en la unidad de control de campo típicamente varias (por ejemplo, cuatro) fibras ópticas fluorescentes, cada una de las cuales tiene forma de medio lazo, con una fibra colectora dopada con otro fluoróforo que actúa como un "anillo colector". La fibra colectora puede estar recubierta con una capa reflectante blanca, por ejemplo, una capa que contenga partículas de TiO₂ o de ZnO, en el lado opuesto a los medios lazos. Esto puede aumentar aún más la eficiencia del acoplamiento de luz.

20 **[0084]** Los dispositivos de alta tensión aquí descritos tienen un aislamiento al menos parcialmente transparente o translúcido basado en un polímero de siloxano, típicamente basado en un elastómero de silicona; el polímero de siloxano está provisto de fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos en al menos una parte del aislamiento, y de una guía de ondas, típicamente una fibra óptica con un núcleo de fibra dopada con fluorescencia, dispuesta de tal manera que una señal luminosa generada en el aislamiento puede acoplarse en la guía de ondas. La señal luminosa generada en el aislamiento puede ser, por ejemplo, un destello de descarga parcial o ser causada por un proceso de cambio eléctricamente inducido del aislamiento que precede a la descarga parcial, por ejemplo, una señal de electroluminiscencia.

25

30 **[0085]** En comparación con los sensores electromagnéticos o piezoeléctricos o los dispositivos de medición situados fuera del dispositivo (accesorio de conexión) de alta tensión, la medición por fibra óptica permite una detección más sencilla y/o más sensible y/o temprana de procesos de envejecimiento en el aislamiento causados por el campo de alta tensión. En combinación con una o más regiones parciales del aislamiento, cada una de las cuales está modificada con fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos unidos covalentemente, puede aumentar significativamente la sensibilidad de detección de los procesos de envejecimiento inducidos por el campo de alta tensión en el aislamiento.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Accesorio de conexión de cables de alta tensión (100-700) para alojar un cable de alta tensión (1, 22) con un conductor de corriente eléctrica (11, 112) y un aislamiento de cables (12, 122) alrededor del conductor (11, 112), incluyendo:
- 10 - un aislamiento (2-5) que incluye una unidad de control de campo (2, 4) al menos parcialmente transparente o translúcida, que incluye un polímero de siloxano, con la unidad de control de campo (2, 4) rodeando el aislamiento (12, 122) del cable de alta tensión (1, 22) al menos parcialmente, en la cual el polímero de siloxano está provisto de fluoróforos al menos en una región parcial (2a, 2b) de la unidad de control de campo, y los fluoróforos están acoplados covalentemente al polímero de siloxano y/o a pigmentos dieléctricos incorporados en el polímero de siloxano; y
- 15 - una guía de onda (51, 51W, 52) que forma parte del aislamiento (2-5), dispuesta de manera que una señal luminosa causada por una descarga parcial en la unidad de control de campo (2, 4) pueda acoplarse desde la unidad de control de campo (2, 4) a la guía de onda (50).
- 20 **2.** Accesorio de conexión de cables de alta tensión (100) según la reivindicación 1, en el que la guía de onda (51, 51 W) está dispuesta al menos parcialmente en la unidad de control de campo (2, 4) y/o al menos parcialmente en una superficie de la unidad de control de campo (2, 4).
- 3.** Accesorio de conexión de cables de alta tensión (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la guía de onda (51, 51w, 52) está dopada fluorescentemente o modificada covalentemente con fluoróforos en el núcleo y/o el revestimiento.
- 25 **4.** Accesorio de conexión de cables de alta tensión (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la guía de onda (51, 51w, 52) incluye el polímero de siloxano o un polímero de siloxano adicional.
- 5.** Accesorio de conexión de cables de alta tensión (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de control de campo tiene un deflector conductor (4) que puede entrar en contacto con un blindaje (13) del cable de alta tensión (1, 22), y/o el deflector incluye el polímero de siloxano o un polímero de siloxano adicional.
- 30 **6.** Accesorio de conexión de cables de alta tensión (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el polímero de siloxano tiene diferentes fluoróforos y/o en la que los fluoróforos de la unidad de control de campo (2, 4) están seleccionados para que puedan convertir una parte de la señal luminosa en radiación en un rango de longitudes de onda en el que el polímero de siloxano tenga una mayor transparencia que en un rango de longitudes de onda de la parte de la señal luminosa, y/o en el que los fluoróforos de la unidad de control de campo (2, 4) puedan excitarse en un rango de longitud de onda inferior a 500 nm, y/o en el que los fluoróforos de la unidad de control de campo (2, 4) estén seleccionados y dispuestos de tal forma que pares de diferentes fluoróforos puedan actuar como pares FRET en la unidad de control de campo (2, 4).
- 35 **7.** Accesorio de conexión de cables de alta tensión (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la reflectividad de los pigmentos dieléctricos es superior a 0,8.
- 40 **8.** Accesorio de conexión de cables de alta tensión (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que una proporción de masa de los fluoróforos es superior a 5 ppmw y/o una concentración de los pigmentos dieléctricos superior al 1 % vol.
- 45 **9.** Accesorio de conexión de cables de alta tensión (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en cuyo caso el accesorio de conexión de cables de alta tensión es un empalme o una terminación de cable.
- 50 **10.** Dispositivo de alta tensión que incluye un accesorio de conexión de cables de alta tensión (100-700) según una de las reivindicaciones anteriores y un detector óptico acoplado a la guía de onda (51, 52).
- 55 **11.** Dispositivo de alta tensión según la reivindicación 101, que incluye además una unidad de control y evaluación acoplada al detector óptico y/o una fuente de luz (40) conectada a la unidad de control y evaluación y colocada dentro de una carcasa (110) del accesorio de conexión de cables de alta tensión (100).
- 60 **12.** Procedimiento para fabricar un accesorio de conexión de cables de alta tensión (100-600) para alojar un cable de alta tensión (1, 22) con un conductor de corriente eléctrica (11, 112) y un aislamiento de cables (12, 122) alrededor del conductor (11, 112), incluyendo:
- 65 - formación de una unidad de control de campo (2, 4) al menos parcialmente transparente o translúcida, que incluye un polímero de siloxano;
- colocación de la unidad de control de campo (2, 4) en una carcasa (110) del accesorio de conexión de cables de alta tensión (100), de modo que la unidad de control de campo (2, 4) pueda rodear, al menos

parcialmente, el aislamiento (12, 122) del cable de alta tensión (1, 22); y
- colocación de una guía de onda (51, 52) en la carcasa (110) de manera que el polímero de siloxano esté provisto de fluoróforos acoplados covalentemente al polímero de siloxano y/o a partículas dieléctricas incorporadas en el polímero de siloxano y/o de pigmentos dieléctricos, al menos en una región parcial (2a, 2b) de la unidad de control de campo, y que una señal luminosa causada por una descarga parcial en la unidad de control de campo (2, 4) pueda acoplarse desde la unidad de control de campo (42, 4) a la guía de onda (51, 52).

5

10 **13.** Procedimiento según la reivindicación 12, en el cual la formación de la unidad de control de campo (2, 4) incluye la formación de una mezcla de un sistema de siloxano con los fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos; la introducción de dicha mezcla y/o una sección de la guía de onda en un molde; y/o la polimerización de la mezcla en el molde.

15 **14.** Procedimiento según la reivindicación 12 o 13 que incluye la colocación de la guía de onda (51, 51W, 52) y/o de los pigmentos dieléctricos en una superficie de la unidad de control de campo (2, 4).

15. Utilización de un polímero de siloxano provisto de fluoróforos y/o pigmentos dieléctricos como aislamiento (2-5) de un dispositivo de alta tensión (100-700), en el que los fluoróforos están acoplados covalentemente al polímero de siloxano y/o a partículas dieléctricas incorporadas en el polímero de siloxano.

20 **16.** Utilización según la reivindicación 15, en la que el aislamiento (2-5) dispone de un elemento de control de campo (2, 4).

100

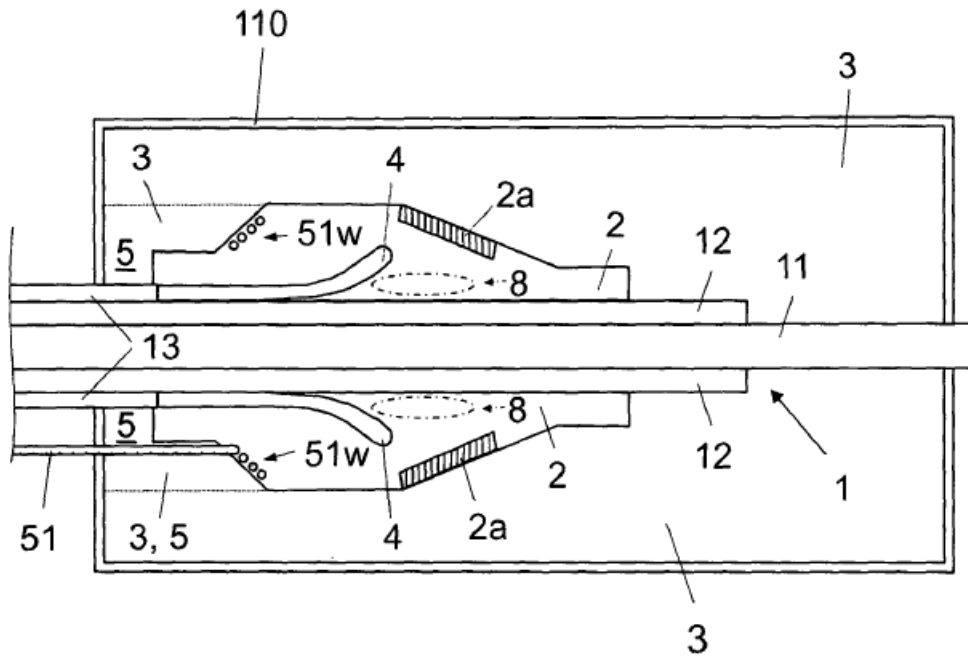


FIG 1

200

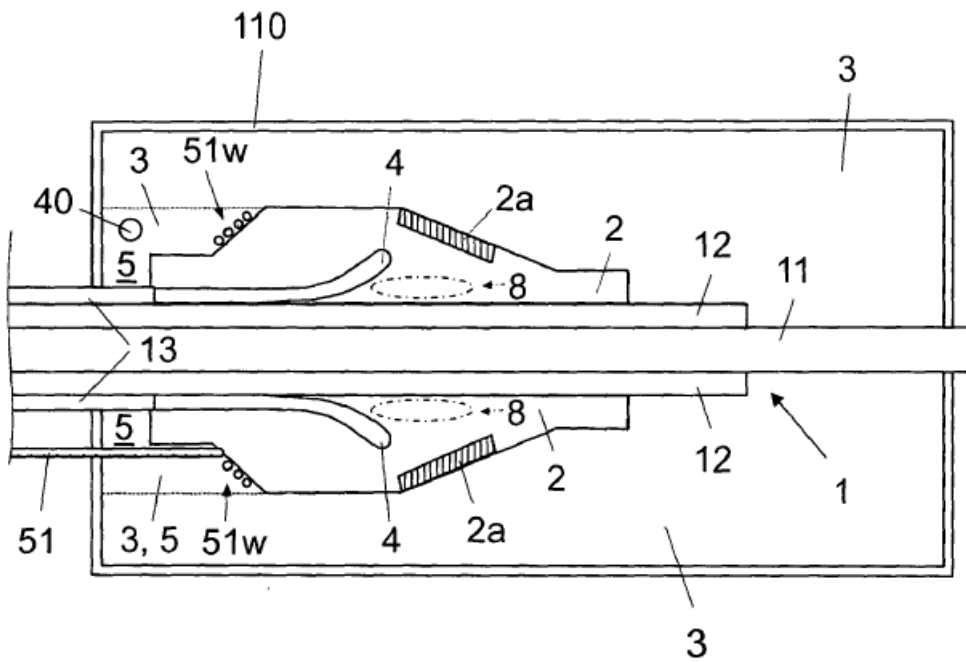


FIG 2

300

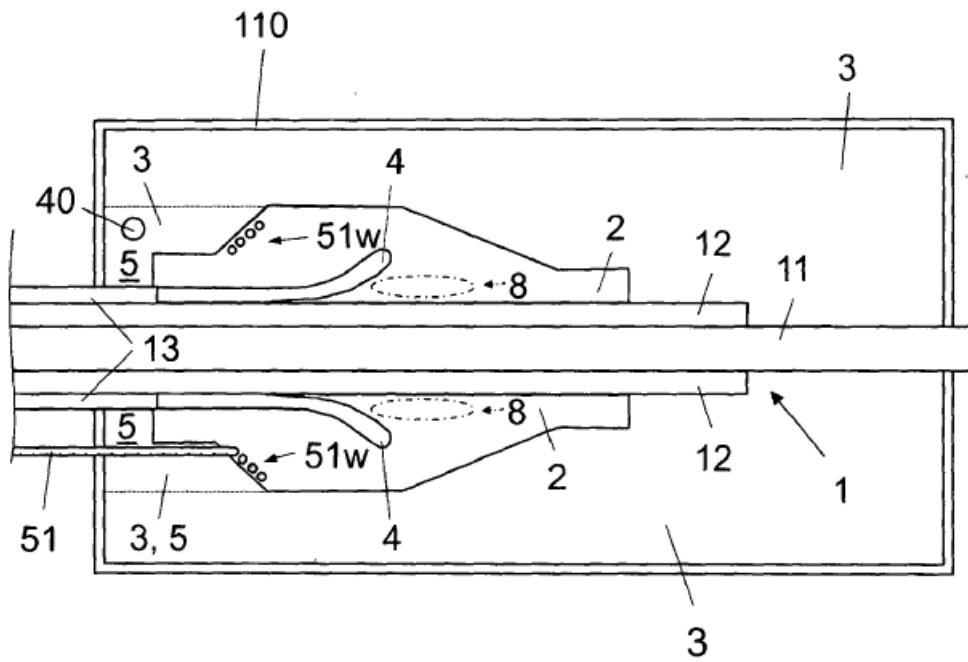


FIG 3

400

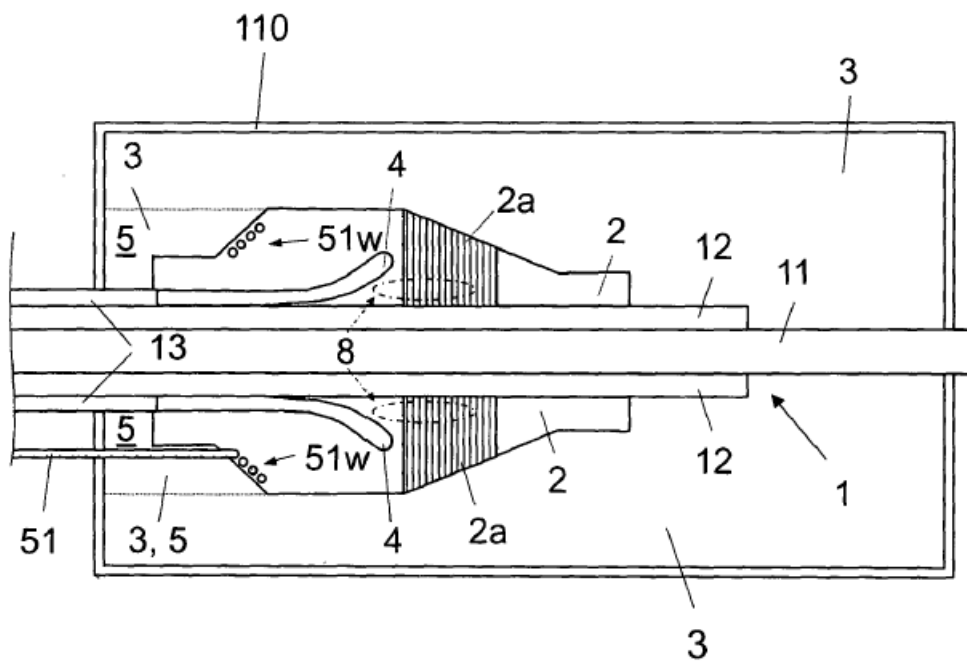


FIG 4

500

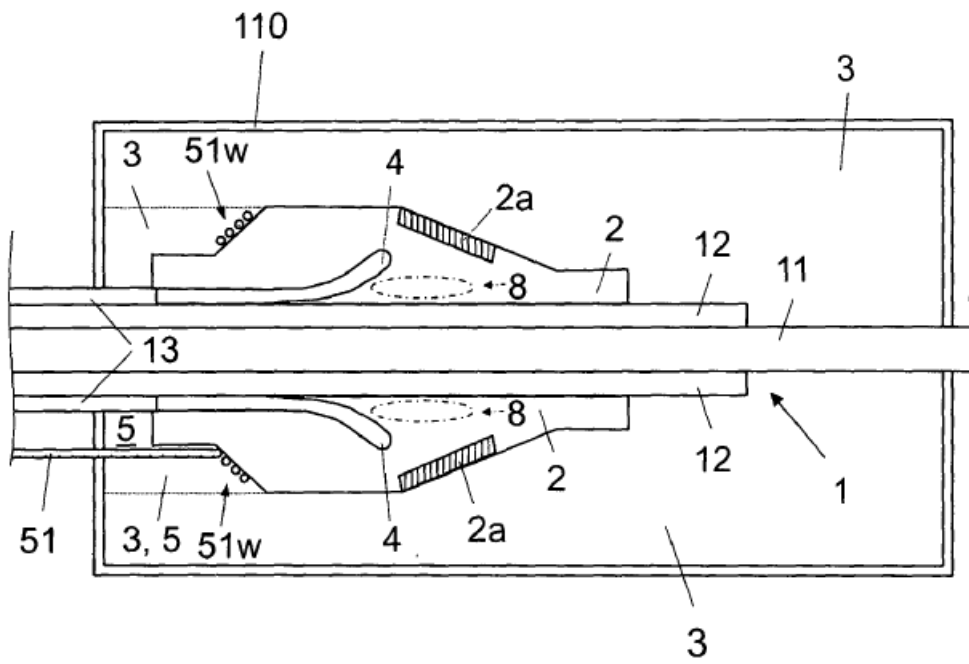


FIG 5

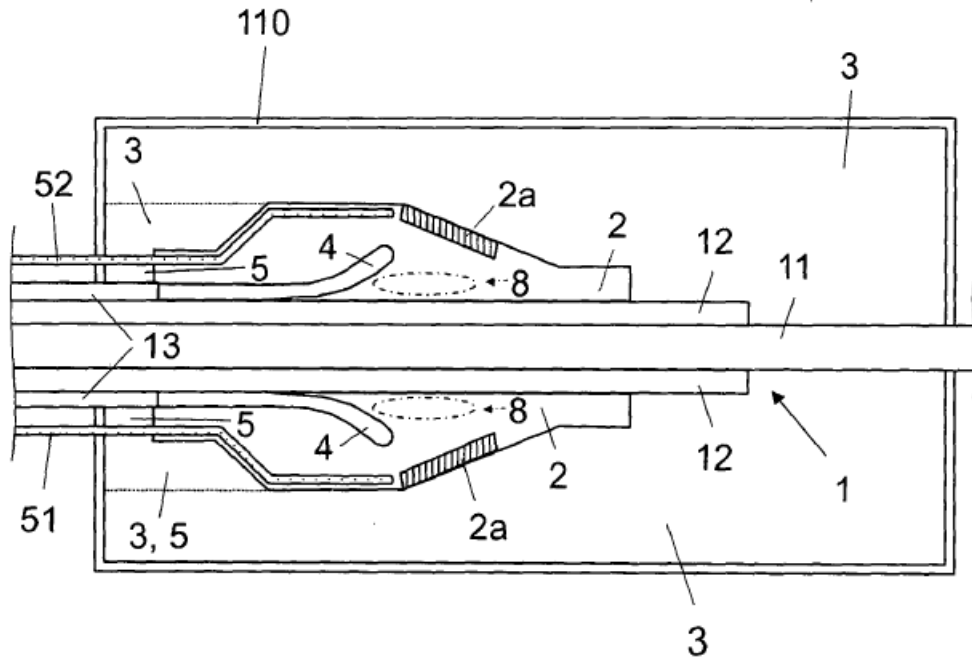


FIG 6

700

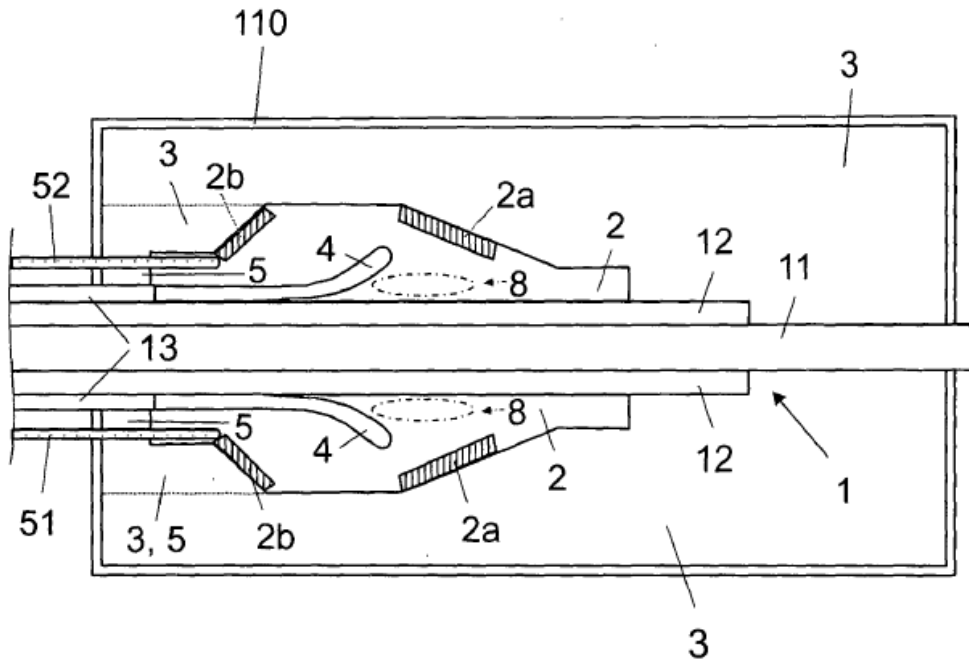


FIG 7