

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 225**

21 Número de solicitud: 201590040

51 Int. Cl.:

C10M 177/00 (2006.01)

C10M 169/04 (2006.01)

C09K 5/10 (2006.01)

B82Y 30/00 (2011.01)

C01B 31/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

24.10.2013

30 Prioridad:

24.10.2012 MX MX/a/2012/012392

43 Fecha de publicación de la solicitud:

03.06.2015

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/MX2013/000129

71 Solicitantes:

PROLEC-GE INTERNACIONAL, S. DE R.L. DE C.V. (60.0%)
Blvd. Carlos Salinas de Gortari, km. 9.25
66600 - Apodaca, Nuevo León MX y
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY (40.0%)

72 Inventor/es:

RAMÓN RAYGOZA, Edgar David;
RIVERA SOLORIO, Carlos Iván y
GIMÉNEZ TORRES, Enrique

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

54 Título: **Aceite mineral dieléctrico adicionado con nanohojuelas de grafeno**

57 Resumen:

Aceite mineral dieléctrico adicionado con nanohojuelas de grafeno.

Una composición de aceite mineral dieléctrico para transformador formada por al menos un aceite mineral dieléctrico y nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas metálicas y/o nanopartículas cerámicas. La composición de aceite mineral dieléctrico presenta una mejorada conductividad térmica y estabilidad.

ES 2 537 225 A1

DESCRIPCIÓN

Aceite mineral dieléctrico adicionado con nanohojuelas de grafeno.

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención está relacionada en general con fluidos dieléctricos para aparatos utilizados en la transmisión y distribución de energía eléctrica. Más específicamente, la invención se relaciona a una composición de aceite mineral dieléctrico que comprende nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas, bien sea nanopartículas metálicas, nanopartículas cerámicas y sus combinaciones.

Antecedentes de la invención

15 Los aparatos eléctricos, tales como transformadores, reactores, capacitores, interruptores de circuitos, entre otros, utilizan en su interior fluidos dieléctricos, también denominados aceites dieléctricos, los cuales son utilizados como medio aislante y de disipación del calor generado por los componentes internos del aparato.

20 El fluido dieléctrico debe ser capaz de desempeñar en forma efectiva y confiable sus funciones como medio refrigerante y de aislamiento durante la vida de servicio del aparato eléctrico.

Obviamente, muchas de las propiedades del fluido dieléctrico deben ser consideradas como necesarias para proveer la capacidad dieléctrica y de refrigeración esperadas, conforme a su aplicación, por lo que en función de ellas se puede ver afectada su habilidad para funcionar efectiva y confiablemente. Entre estas propiedades se pueden incluir: rigidez dieléctrica, constante dieléctrica, factor de disipación, viscosidad, número de acidez, temperatura de escurrimiento y temperatura de ignición.

30 La rigidez dieléctrica del fluido indica su capacidad a resistir las rupturas eléctricas a ciertas frecuencias de energía eléctrica y se mide como la tensión eléctrica mínima requerida para provocar la formación de un arco entre dos electrodos sumergidos en el fluido dieléctrico.

La constante dieléctrica es la relación de la capacitancia de un condensador que contiene un dieléctrico (aceite) entre sus placas, entre la capacitancia del mismo condensador cuando el dieléctrico es el vacío. Esta propiedad está relacionada con la capacidad del fluido dieléctrico para conducir la electricidad, por lo que a menor valor de ella mayor capacidad dieléctrica tendrá el fluido.

40 El factor de disipación de un fluido dieléctrico es la medida de las pérdidas dieléctricas en ese fluido generalmente en forma de calor. Un bajo factor de disipación indica bajas pérdidas dieléctricas y una baja concentración de contaminantes polares solubles en el fluido dieléctrico.

El número de acidez en un fluido dieléctrico es una medida de los constituyentes o contaminantes ácidos del fluido. La acidez de un fluido dieléctrico se debe a la formación de productos de oxidación ácidos. Los ácidos y otros productos de oxidación, junto con el agua y contaminantes sólidos, afectarán las propiedades dieléctricas y otras del fluido dieléctrico. La velocidad de incremento del número de acidez del fluido dieléctrico es un buen indicador de la velocidad de envejecimiento del mismo.

50 La temperatura de escurrimiento es la temperatura a la cual un fluido deja de fluir, tomando el estado sólido en condiciones de presión ambiente. La temperatura de escurrimiento también se puede definir como la máxima temperatura (usualmente bajo cero °C) para la cual el fluido dieléctrico no puede moverse o deformarse con su propio peso. Entre más baja sea esta

temperatura, el fluido dieléctrico será aplicable en aparatos eléctricos sometidos a temperaturas extremas bajo cero °C.

5 La temperatura de ignición, también conocida como punto de inflamación, representa la temperatura que deberá alcanzar el fluido dieléctrico para que dé como resultado el encendido de los vapores del mismo, al momento de exponérseles al aire y a la fuente de encendido o ignición.

10 Como los fluidos dieléctricos enfrían por convección los aparatos eléctricos donde son aplicados, la viscosidad de estos fluidos a diversas temperaturas es otro factor importante a considerar. La viscosidad es una medida de la resistencia de un fluido a fluir y se analiza típicamente en términos de viscosidad cinemática. A viscosidades bajas, el fluido dieléctrico circula o fluye mejor en el interior del aparato eléctrico y por ende permite mejor disipación de calor.

15 Entre los fluidos dieléctricos usados en aparatos eléctricos y que cuentan con estas y otras propiedades se incluyen aquellos fluidos dieléctricos a base de aceites minerales, siliconas, aceites sintéticos, aceites vegetales con antioxidantes o mezclas de los mismos.

20 Los fluidos dieléctricos a base de aceites minerales derivados del petróleo, aceites base silicona o aceites sintéticos, han sido ampliamente utilizados en transformadores eléctricos, cables de transmisión y condensadores. Ejemplos de estos aceites los encontramos en las patentes estadounidenses US-4,082,866, US-4,206,066, US-4,621,302, US-5,017,733, US-5,250,750 y US-5,336,847.

25 Se ha demostrado que la incorporación de nanopartículas a fluidos dieléctricos o lubricantes a base de aceite mineral mejoran las propiedades tribológicas del mismo, tal y como lo describe los siguientes documentos de patente.

30 Aruna Zhamu *et al.*, en la publicación de solicitud de patente estadounidense US-2011/0046027 A1, describen una composición lubricante a base de aceite mineral o aceite sintético que incorpora nanohojuelas de grafeno en una forma dispersa y en una proporción de 0.001 % a 60 % en peso. Estas nanohojuelas de grafeno preferentemente son de una sola capa y dependiendo de su cantidad el lubricante tiende a ser una grasa. El aceite mineral o aceite sintético modificado con estas nanohojuelas de grafeno presenta una mejor
35 conductibilidad térmica, un mejor coeficiente de fricción, un mejor desempeño anti-desgaste y una mejor estabilidad a la viscosidad, en comparación con aceites minerales o aceites sintéticos solamente modificados con nanopartículas de grafeno o nanotubos de carbón.

40 Jian Li *et al.* de la Universidad de Chongqing, en la publicación de solicitud de patente china CN101950601, describen un aceite mineral dieléctrico utilizado en transformadores eléctricos, el cual incorpora nanopartículas que son dispersas en el aceite mineral por ultrasonido. La incorporación de nanopartículas en el aceite mineral dieléctrico mejora la rigidez dieléctrica del mismo en comparación con aceites minerales dieléctricos que no incorporan nanopartículas.

45 Sin embargo, en ambas técnicas antes indicadas, no se describe el uso sinérgico de las bondades de incorporar en un aceite mineral dieléctrico una combinación de nanohojuelas de grafeno y nanopartículas. Es por tanto que la presente invención provee un aceite mineral dieléctrico que presenta una excelente conductividad térmica y estabilidad producto de la
50 incorporación sinérgica de nanohojuelas de grafeno y nanopartículas, bien sea nanopartículas metálicas, nanopartículas cerámicas y sus combinaciones.

Descripción breve de las figuras

Los detalles característicos de la invención se describen en los siguientes párrafos en conjunto

con las figuras que lo acompañan, los cuales son con el propósito de definir la invención pero sin limitar el alcance de ésta.

5 Figura 1 muestra una imagen en SEM de nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de plata útiles para la presente invención.

Figura 2 muestra una imagen en SEM de nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de cobre útiles para la presente invención.

10 **Descripción detallada de la invención**

Los detalles característicos de la invención se describen en los párrafos siguientes, los cuales son con el propósito de definir la invención pero sin limitar el alcance de ésta.

15 La composición de aceite mineral dieléctrico de la presente invención es una novedosa alternativa de fluido dieléctrico para aplicaciones en la industria eléctrica, por lo que sus compuestos que lo constituyen son descritos individualmente a continuación, sin que necesariamente sean descritos en un orden de importancia.

20 **Aceite mineral dieléctrico**

La composición de aceite mineral dieléctrico de la presente invención puede hacer uso de uno o más aceites minerales dieléctricos.

25 Los aceites minerales dieléctricos de la presente invención son derivados del petróleo, básicamente están formados por carbono e hidrógeno, se consideran parafínicos aquellos de cadena lineal o ramificada conocidos como n-alcanos, estos compuestos debido a su estructura química son más inestables que los nafténicos y aromáticos. Las moléculas nafténicas también conocidos como cicloalcanos, definen la calidad del aceite, se encuentran
30 formados por estructuras cíclicas de 5, 6 ó 7 carbonos y sus propiedades dieléctricas son mejores por tener mayor solubilidad que los n-alcanos; en mayor proporción todos los aceites minerales para transformador contienen moléculas aromáticas, estas contienen como mínimo un anillo de seis átomos de carbono, unidos por dobles enlaces, conocidos como benceno. Los hidrocarburos aromáticos se distinguen de los demás no solo en su estructura química,
35 también tienen grandes diferencias en sus propiedades físicas y químicas con las moléculas nafténicas y parafínicas. La variedad de hidrocarburos presentes en los aceites minerales dieléctricos dependerá de los procesos de refinación que se le hagan al petróleo, cuya composición química depende de su origen.

40 Se considera que es la forma de destilación y los aditivos aplicados lo que proporcionan la calidad al aceite mineral dieléctrico, por lo que el análisis del mismo es el que indicará si es o no adecuado para el equipo eléctrico de que se trate. La materia prima para la fabricación de aceites minerales dieléctricos, está constituida por hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos; así como se encuentran presentes en concentraciones muy bajas, compuestos de
45 azufre, nitrógeno y oxígeno que son denominados compuestos polares que dan al aceite mineral dieléctrico su inestabilidad a la oxidación, por lo que además los aceites minerales dieléctricos incluyen antioxidantes.

50 Los procesos existentes para la obtención de aceites minerales dieléctricos, se han desarrollado para eliminar compuestos indeseables y conservar los deseables de las materias primas.

En la eliminación de los compuestos indeseables por medio de la extracción con compuestos apropiados, entre los más comúnmente usados están el ácido sulfúrico y furfural, siendo éste

el disolvente más selectivo. Los compuestos aromáticos son también eliminados, pero esto puede controlarse mediante la relación aceite-furfural. De acuerdo a ello se puede obtener aceites minerales dieléctricos con diversos contenidos de componentes antes mencionados.

- 5 Un ejemplo de aceite mineral dieléctrico útil para la invención tenemos el aceite mineral dieléctrico para transformador denominado comercialmente NYTRO LYRA X® de la empresa NYNAS® cuyas especificaciones son mostradas en Tabla 1.

Propiedades	Unidades	Método de Ensayo	Valor
Físicas			
Apariencia		IEC60296	Transparente, libre de sedimentos
Densidad a 20 °C	kg/dm ³	ISO12185	0.895
Viscosidad a 40 °C	mm ² /s	ISO3104	12
Viscosidad a -30 °C	mm ² /s	ISO3104	1800
Punto de Fluidez	°C	ISO3016	-40
Químicas			
Acidez	mg KOH/g	IEC62021	0.01
Contenido de Azufre	%	ISO14595	0.15
Antioxidantes, fenoles	% en peso	IEC60666	0.08
Contenido en agua	mg/kg	IEC60814	30
Eléctricas			
Factor de pérdidas dieléctricas (DDF) a 90 °C	90 °C	IEC60247	0.005
Tensión Interfacial	mN/m	ISO6295	40
Estabilidad a la Oxidación			
120 °C, 500 h		IEC61125C	
Ácidez total	mg KOH/g		0.3
Lodos	% en peso		0.005
Punto de inflamación (PM)	°C	ISO2719	135

10

Tabla 1

Nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas

- 15 La composición de aceite mineral dieléctrico de la presente invención puede hacer uso de uno o más nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas metálicas o cerámicas.

Las nanohojuelas de grafeno de la presente invención pueden de la exfoliación de las capas atómicas bidimensionales de carbono que constituyen al óxido de grafito y pueden ser obtenidas siguiendo el método de Staudenmaier. El cual consiste de una fase inicial de oxidación del grafito mediante ácidos sulfúrico y nítrico, así como clorato de potasio como catalizador. Seguido de un tiempo de reacción de aproximadamente 96 horas, después del cual se lava y filtra la mezcla para la obtención de óxido de grafito. Para finalmente, y una vez secado y pulverizado el óxido de grafito, llevar a cabo una reacción exotérmica a 1020 °C para la obtención de la nanohojuelas de grafeno.

Las nanohojuelas de grafeno obtenidas tienen un espesor promedio menor a 10 nm y tienen un ancho y un largo menor a 500 nm, y a su vez pueden estar formadas por mas de un capa de grafeno.

Posteriormente, estas nanohojuelas de grafeno pueden ser decoradas con nanopartículas metálicas o nanopartículas cerámicas. Entre las nanopartículas metálicas útiles para la presente invención, son por ejemplo, nanopartículas de plata, cobre, oro, zinc, aluminio, titanio, cromo, fierro, cobalto, estaño y cromo, y sus combinaciones. Entre las nanopartículas cerámicas útiles para la presente invención, son por ejemplo nanopartículas de óxido de titanio, óxido de cobre, óxido de aluminio, nitruro de aluminio, óxido de zinc, óxido de silicio y sus combinaciones.

Algunos ejemplos de obtención de nanohojuleas de grafeno decoradas con nanopartículas a continuación se describen:

Obtención de nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de plata

Las nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de plata se pueden obtener a partir de la mezcla de óxido de grafito y nitrato de plata en las proporciones adecuadas, siendo disuelta dicha mezcla en agua destilada. Posteriormente, se pasa a un mezclado ultrasónico de baja energía y se añade boro hidruro de sodio para permitir la reducción de la plata. Se deja reaccionar durante un día con agitación magnética a altas revoluciones y temperaturas por encima de los 80 °C. Finalmente se pasa a fase de reacción exotérmica en horno de atmosfera controlada a 1020 °C para la obtención de las hojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de plata. En la Figura 1 se muestra una imagen en SEM de nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de plata.

Obtención de nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de cobre

Las nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de cobre se pueden obtener mediante la mezcla de óxido de grafito y tetramina de cobre en las proporciones adecuadas, siendo disuelta dicha mezcla en amoniaco modificado a un pH ácido. Posteriormente se procede a una agitación de baja energía hasta completar la reducción química del cobre. Finalmente se procede una reacción exotérmica en atmosfera controlada a 1020 °C para la obtención de las hojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de cobre. En la Figura 2 se muestra una imagen en SEM de nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de cobre.

El contenido de nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas metálicas o cerámicas es de aproximadamente de 0.01 % a a aproximadamente 20 % en peso de nanohojuelas de grafeno decoradas en base al peso total del aceite mineral y las nanohojuelas de grafeno decoradas combinadas. Las nanohojuelas de grafeno están decoradas con nanopartículas metálicas o cerámicas en una proporción de aproximadamente al menos 1:5.

Modo de preparación, mezcla, proceso y composición de la invención

El proceso de preparación de la composición de aceite mineral dieléctrico modificado con nanohojuelas de grafeno decoradas consiste primeramente en mezclar las nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas metálicas o cerámicas en el aceite mineal deieléctrico base mediante una parrilla magnética durante aproximadamente 10 a 15 minutos. Posteriormente se adiciona ácido oleico como surfactante en una concentración de aproximadamente 3% en peso respecto al volumen y se agita en baño ultrasónico por aproximadamente 15 minutos. Finalmente, la mezcla se sonifica ultrasónicamente por una hora en el equipo UP400S (400 watts, 24kHz), marca Hielscher. Esta última etapa se realizaba en baño de agua a 0° C.

Una composición final del aceite mineral dieléctrico modificado con nanohojuelas de grafeno modificadas con nanopartículas metálicas y/o cerámicas dispersas en dicho aceite mineral dieléctrico tiene de aproximadamente de 0.01 % a aproximadamente 20 % en peso de nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas metálicas y/o cerámicas, y de aproximadamente 80 % en peso a aproximadamente 99.99 % en peso de aceite mineral dieléctrico.

Ejemplos de realización de la invención

La invención ahora será descrita con respecto a los ejemplos siguientes, los cuales son únicamente con el propósito de representar la manera de llevar a cabo la implementación de los principios de la invención. Los ejemplos siguientes no intentan ser una representación exhaustiva de la invención, ni intentan limitar el alcance de ésta.

Se realizarón 6 ejemplos de experimentos comparativos. Los ejemplos 1, 2, 3 y 4 contemplan composiciones conforme al estado de la técnica; mientras que los ejemplos 5 y 6 representan experimentos conforma a la presente invención.

En los ejemplos 1, 2, 3, y 4 se evaluarón los efectos de utilizar nanopartículas óxido de aluminio, óxido de cobre, plata y nanohojuelas de grafeno, respectivamente, dispersas en un aceite mineral dieléctrico NYTRO LYRA X® de la empresa NYNAS®. La concentración evaluada es de 5 % en peso de nanopartículas o nanohojuelas antes indicadas. Por otro lado, en los ejemplos 5 y 6 se evaluarón los efectos de utilizar nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de plata y de cobre, respectivamente, en una concentración de 3 % en peso y dispersas en aceite mineral dieléctrico NYTRO LYRA X® de la empresa NYNAS®.

Una vez preparados cada uno de las muestras de cada ejemplo se procedio a su caracterización térmica como sigue:

Conductividad térmica

La medición de la conductividad térmica se realizó mediante la técnica de plano de fuente transitoria (TPS por sus siglas en inglés). De acuerdo con el método TPS, la conductividad térmica del líquido es determinada mediante la medición de la resistencia de una sonda sumergida en el líquido. El equipo utilizado para dichas mediciones fue el C-Therm TCI (<http://www.ctherm.com>), el cual está basado en la técnica TPS antes descrita. Todas las mediciones se realizaron a temperatura ambiente (a 23°C) y se realizaron al menos 10 repeticiones de medición para cada experimento. Para calcular el incremento en la conductividad térmica se midió la conductividad térmica del aceite mineral dieléctrico puro, y se tomó este valor como referencia.

A continuación se muestran en Tabla 2 los resultados de la conductividad térmica.

Ejemplo	Concentración de nanopartículas o nanohojuelas en % en peso	K (W/mk)	T (°C)	$(K-K_0)/K_0$	Mejora (%)
Aceite mineral dieléctrico puro (sin modificar)	0	0.150	25		
Ejemplo 1 (aceite mineral dieléctrico + nanopartículas de óxido de aluminio)	5	0.179	25	0.19	19.33
Ejemplo 2 (aceite mineral dieléctrico + nanopartículas de óxido de cobre)	5	0.253	25	0.69	68.67
Ejemplo 3 (aceite mineral dieléctrico + nanopartículas de plata)	5	0.216	25	0.44	44.00
Ejemplo 4 (aceite mineral dieléctrico + nanohojuelas de grafeno)	3	0.164	25	0.10	9.53
Ejemplo 5 (aceite mineral dieléctrico + nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de plata)	3	0.179	25	0.19	19.33
Ejemplo 6 (aceite mineral dieléctrico + nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas de cobre)	3	0.203	25	0.35	35.33

5 Tabla 2

Prueba de estabilidad

5 Las pruebas de estabilidad se llevaron a cabo mediante el método visualización. Para lo cual se vertieron 15 ml de cada ejemplo en tubos de ensayo y se mantuvieron inmóviles en una gradilla para observar la sedimentación a lo largo del tiempo.

10 Para el caso de los Ejemplos 1, 2 y 3 se observó que la sedimentación empezaba a ocurrir después de una hora de haber sido producidos. Observándose una sedimentación total después de transcurridos 3 días.

15 Para los ejemplos 4, 5, y 6 no se observó sedimentación alguna después de 5 meses de haber sido producidos. Por lo que se sugiere que las hojuelas de grafeno mostraron estabilidad en el aceite mineral para transformador.

El mejor desempeño en la estabilidad se debe a que:

- La estabilidad es debida principalmente a la elevada relación de aspecto del grafeno (cociente longitud/espesor). Cada nanohojulea de grafeno presenta un espesor de 1 nanómetro, por lo que las nanohojuelas de grafeno presentan una amplia superficie específica que puede interaccionar mejor con el fluido.
- La estructura del grafeno basada en átomos de carbono formando celdillas hexagonales. Naturaleza orgánica similar a la del aceite mineral dieléctrico que favorece una mayor estabilidad frente a otro tipo de nanocargas (partículas metálicas o cargas inorgánicas).
- La oxidación y/o modificación superficial que mejoran la estabilidad en el aceite mineral dieléctrico a través del incremento de la afinidad química (superficie más hidrofílica) mediante el anclaje de grupos carboxílicos superficiales (mediante enlaces químicos covalentes) que favorecen la interacción con el fluido base.

30 Las composiciones de aceite mineral dieléctrico modificado con nanohojuelas de grafeno decoradas con nanopartículas metálicas o cerámicas fueron las que ofrecieron los mejores resultados en la dos variables de interés (conductividad térmica y estabilidad). Aunque las nanohojuelas de grafeno (sin decorar) mostraron por si solas estabilidad total en el aceite mineral dieléctrico, mostraron el menor incremento en conductividad térmica en comparación con el resto de nanopartículas. Por otro lado, las nanopartículas de óxido de cobre y plata mostraron los mayores incrementos en conductividad térmicas, sin embargo, su estabilidad es mínima en comparación con el uso de las nanohojuelas de grafeno decoradas. Finalmente, las hojuelas de grafeno decoradas tanto con nanopartículas de plata como de cobre mostraron sinergia muy positiva, conservaron las bondades de estabilidad de las nanohojuelas de grafeno por si solas y además de incrementar grandemente la conductividad térmica.

40 En base a las realizaciones descritas anteriormente, se contempla que las modificaciones a estas realizaciones, así como otras realizaciones alternativas serán consideradas evidentes para una persona experta en el arte de la técnica bajo la presente descripción. Es por tanto contemplado que las reivindicaciones abarcan dichas modificaciones o alternativas que estén dentro del alcance de la presente invención o sus equivalentes.

45

REIVINDICACIONES

1. Una composición de aceite mineral dieléctrico que comprende nanohojuelas de grafeno dispersas en dicho aceite mineral dieléctrico, **caracterizada en que:**
5 dichas nanohojuelas de grafeno están decoradas con nanopartículas seleccionadas de un grupo que consiste de nanopartículas metálicas, nanopartículas cerámicas y sus combinaciones.
2. La composición de aceite mineral dieléctrico de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizada en que** incluye de 0.01 % a 20 % en peso de nanohojuelas de grafeno decoradas en base al peso total del aceite mineral y las nanohojuelas de grafeno combinadas.
10
3. La composición de aceite mineral dieléctrico de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizada en que** dichas nanohojuelas de grafeno tienen un espesor promedio menor a 10 nm.
15
4. La composición de aceite mineral dieléctrico de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizada en que** dichas nanohojuelas de grafeno tienen mas de una capa de grafeno.
5. La composición de aceite mineral dieléctrico de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizada en que** dichas nanohojuelas de grafeno tienen un ancho y un largo menor a 500 nm.
20
6. La composición de aceite mineral dieléctrico de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizada en que** dichas nanohojuelas de grafeno provienen de la exfoliación de las capas atómicas bidimensionales de carbono que constituyen al óxido de grafito.
25
7. La composición de aceite mineral dieléctrico de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizada en que** dichas nanohojuelas de grafeno están decoradas con nanopartículas metálicas o cerámicas en una proporción de al menos 1:5.
30
8. La composición de aceite mineral dieléctrico de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizada en que** dichas nanopartículas metálicas son seleccionadas de un grupo que consiste de nanopartículas de plata, cobre, oro, zinc, aluminio, titanio, cromo, fierro, cobalto, estaño y cromo, y sus combinaciones.
35
9. La composición de aceite mineral dieléctrico de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizada en que** dichas nanopartículas cerámicas son seleccionadas de un grupo que consiste de nanopartículas de óxido de titanio, óxido de cobre, óxido de aluminio, nitruro de aluminio, óxido de zinc, óxido de silicio y sus combinaciones.
40
10. La composición de aceite mineral dieléctrico de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizada en que** además incluye un agente surfactante seleccionado de un grupo que consiste de ácido oleico, pirrol, polipirrol, polivinilpirrolidona, polimetacrilato de amonio y sus combinaciones.
45

