



00 00001

TUDI
'TE D
VCIO

SUPERINTENDENCIA Y COMERCIO

Indicacion : 0000001 0000000

Folios: 26

Fecha (MES): 2000-11-28 16:18:53

Trámite : 000 PUNTOS 0 1 SEGURO/ 411 PRESENTE

Dependencia: 2000 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

DATOS DEL SOLICITANTE

(71) Nombres y Apellidos o Razón Social

SCHLUMBERGER HOLDINGS LIMITED

No. de Identificación

Representante Legal (Persona Jurídica)

GERMAN CASTILLO GRAU

País de Domicilio

ISLAS VIRGENES BRITANICAS

Departamento o Estado

Dirección

Craignuir Chambers, Road Town

Ciudad

TORTOLA

Teléfono

(74) DATOS DEL APODERADO PODER No. 17.726

Nombre

GERMAN CASTILLO GRAU

Dirección y Domicilio

Carrera 13 No. 37-43, Piso 12

Ciudad

Santafé de Bogotá

Teléfono 285-74-60

DATOS DEL INVENTOR

(72) Nombre del Inventor (es)

Brian Clark-Richard A. Bosthal-Dean M. Hosen - Donald O'neal -

Stephen D. Borner - Scott S. Chesser - Thomas J.

Barber

Identificación

Dirección

Super Land, Texas, E.U.A.-Houston, Texas E.U.A.-Super Land, Texas, E.U.A.

Super Land, Texas, E.U.A.-Super Land, Texas, E.U.A.-Richard, Texas, E.U.A.-
Houston, Texas, E.U.A.

Ciudad

Teléfono

DATOS DE LA PATENTE DE INVENCION

(54) Título de la invención APARATO BLINDADO PARA UTILIZAR EN CONJUNTO CON UNA HERRAMIENTA DE POZO Y UN METODO PARA BLINDAR UN SERPENTIN

PRIORIDAD REIVINDICADA

SI ☒

NO ☐

TIPO DE PRIORIDAD

ANDINA ☐

UNIONISTA ☒

(33) País E.U.A.

(32) Fecha Dic, 1, 1999

(31) No. Solicitud

09/452,660

Para Publicar a los

☐ 6 meses

☒ 12 meses

☐ 18 meses

a partir de la fecha de la presente solicitud

(52) CLASIFICACION INTERNACIONAL

G 01 V 3/30

RESUMEN CON EL OBJETO Y LA FINALIDAD DE LA INVENCION

Un aparato blindado para usar en conjunto con una herramienta de pozo para atenuar selectivamente uno o más componentes de campo de energía electromagnética mientras los componentes interaccionan con el blindaje. El blindaje está compuesto de una cinta flexible o un cuerpo conductor y comprende al menos una ranura inclinada o un elemento conductor inclinado allí dentro. El blindaje está adaptado para rodear una antena montada sobre una herramienta de pozo. Un método para rotar el eje del dipolo magnético de un serpentín transmisor o receptor. Un método para enrollar y blindar un serpentín eléctrico tal que el serpentín resultante emita o recibe componentes de campo seleccionados de energía electromagnética.

ANEXOS DE LA SOLICITUD

Certificado de Existencia y Representación Legal cuando el solicitante sea Persona Jurídica	☒
Los poderes debidamente otorgados, o mención de su protocolización ante la SIC	☒
Recibo de la tasa respectiva	☒
Recibo de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación	☐
Si se reivindica prioridad Andina:	
Copia de la primera solicitud	☐
Traducción oficial	☐
Si se reivindica prioridad Unionista:	
Copia certificada de la primera solicitud:	☒
Nota: Debe presentarse dentro de los tres (3) meses, contados a partir de la fecha de radicación de la solicitud posterior	
Traducción simple	☒
Capítulo descriptivo	☒
Dibujos, planos necesarios	☒
Capítulo reivindicatorio	☒
Tarjeta archivo propietarios según formato	☒
Tarjeta archivo temático según formato	☒
Extracto para publicación según formato	☒
Arte final 12 x 12 cms Y 6x6 cms	☐
Otros Documentos	☐

SOLICITO LA CONCESION DE LA PATENTE DE INVENCION Y DECLARO QUE LA INVENCION ES NUEVA Y DE MI PROPIEDAD

FIRMA

NOMBRE GERMAN CASTILLO GRAU

CC-17'017.671 Bt4

T.P.No. 2978

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO
Radicacion : 00090951 00000000 Folios: 86
Fecha (ARC): 2000-11-26 16:10:53
Tracito : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 411 PRESENTE
Dependencia: 8020 DIVISION DE NUEVOS CRECIMIENTOS

NIT : 800176089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 73,497
FECHA : NOVIEMBRE 28 DE 2000

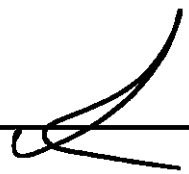
***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	SUCURSAL	CUENTA	Nº. PAGO	Vr. PAGO
ADRIGERMANCAS	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	BOGOTA	050-00110-6	3148418	2,718,000.00

***** C O N C E P T O *****

CANT. CONTABILITICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1 50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	608,000.00
	TOTAL :	\$ 608,000.00

SON: SEISCIENTOS OCHO MIL PESOS

RESPONSABLE : 

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

4

APARATO BLINDADO PARA UTILIZAR EN
CONJUNTO CON UNA HERRAMIENTA DE POZO Y
UN METODO PARA BLINDAR UN SERPENTIN

4

**APARATO BLINDADO PARA UTILIZAR EN CONJUNTO CON UNA HERRAMIENTA
DE POZO Y UN METODO PARA BLINDAR UN SERPENTIN**

1. ANTECEDENTES DEL INVENTO

1.1 Campo del Invento

Este invento se refiere al campo de las herramientas de sondeo de pozos del tipo donde se utiliza energía electromagnética ("EM") para medir las características de las formaciones que rodean un pozo de sondeo. Más en particular, este invento se refiere a un blindaje de serpentín de antena mejorado para utilizar en dichas herramientas para proveer atenuación selectiva de las ondas EM emitidas o recibidas por la antena.

1.2 Descripción del Arte Relacionado

Herramientas de pozo de inducción y propagación han sido utilizadas en operaciones de sondeo durante muchos años para medir las propiedades de formaciones en el subsuelo que rodean un pozo de sondeo en tierra. En técnicas convencionales de sondeo, un número de antenas o serpentines están montados sobre una herramienta de pozo. Una corriente alternante energiza uno o más serpentines transmisores para emitir energía EM dentro de las formaciones. La energía emitida se propaga a través de las formaciones o induce corrientes en las formaciones que rodean al pozo de la perforación. La energía o corrientes EM son detectadas y medidas por uno o más serpentines receptores sobre la herramienta. Las señales EM medidas son procesadas para determinar las propiedades eléctricas, tal como la permitividad o conductividad de las formaciones.

Si los serpentines para transmitir y recibir que están sobre estas herramientas estuvieran perfectamente configurados y balanceados en un sistema teóricamente ideal, la energía EM emitida por los serpentines se propagaría de un modo conocido

b

como modo eléctrico transverso ("TE"), del tipo generado por un dipolo magnético vertical ideal en un medio simétrico de manera azimutal. Sin embargo, bajo condiciones actuales de operación, hay varios factores que dan lugar a la generación de componentes de campo EM no deseados significativos. Una propuesta para mitigar este problema es con el uso de blindajes para antenas para reducir la transmisión y/o la recepción de componentes de campo EM ilegítimos y no deseados. Estos blindajes se utilizan típicamente en conjunto con cada serpentín sobre la herramienta.

Las Patentes E.U.A. Nos. 4.536.714 y 4.949.045 (ambas asignadas a la cesionaria de la presente revelación) revelan blindajes convencionales de antenas utilizadas en estas herramientas de pozo para proveer una protección mecánica a los serpentines y para garantizar el paso de componentes de campo EM deseados. Como se muestra en la Figura 1a, estos blindajes 10 están en la forma de un cilindro metálico que tiene ranuras 12 en la dirección axial. El patrón de ranuras 12 permite que pase el componente de campo eléctrico (E_θ) azimutal de la energía EM, pero previene que pasen los componentes de campo eléctrico radial (E_r) y axial (E_z) a través del blindaje ya sea desde adentro (en el caso de un transmisor) o desde afuera (en el caso de un receptor). Un punto de vista alternativo es el de representar cada ranura axial 12 como un dipolo magnético axial, como se muestra en la Figura 1b. Estos dipolos magnéticos son sensibles a campos magnéticos axiales (B_z), pero no son sensibles a campos magnéticos azimutales (B_θ). Los serpentines blindados se vuelven insensibles a campos magnéticos EM transversos ("TM") parásitos asociados con modos de pozo de sondeo, y los cuales tienen campos eléctricos radiales (E_r) y axiales (E_z) y campos magnéticos azimutales (B_θ).

Publicaciones recientes en el campo de sondeo de pozos han descrito la implementación de herramientas con serpentines triaxiales. Tales configuraciones de serpentines implican tres

7

serpentinae con momentos magnéticos que no son coplanares. Las Patentes E.U.A. Nos. 5.508.616, 5.115.198, 5.757.191 y la solicitud PCT WO 98/00733, Bear y otros, describen herramientas de sondeo que utilizan dichas configuraciones de serpentinae. Común a estos aparatos y técnicas, sin embargo, es la necesidad de manipular el mismo serpentín de antena. Ninguna de estas revelaciones consagra la implementación de los blindajes de antena como un medio alternativo para lograr una atenuación selectiva de energía EM.

Es deseable rotar el eje del dipolo magnético de un serpentín transmisor o receptor sin tener que inclinar el eje del serpentín con relación al eje de la herramienta. Los beneficios de tal técnica incluyen reducciones en costos de manufactura y de equipamiento con nuevas máquinas, al igual que tiempos de producción más cortos. Aún además, es deseable implementar un aparato blindado que puede ser utilizado en conjunto con serpentinae inclinados y no inclinados para rotar el eje del dipolo magnético.

2. SUMARIO DEL INVENTO

El invento provee un aparato blindado para utilizar en conjunto con una herramienta de pozo, la herramienta tiene un medio de soporte longitudinal y al menos un serpentín montado sobre él, el serpentín está adaptado para transmitir o recibir energía electromagnética incluyendo componentes de campo azimutales, axiales o radiales. El aparato blindado incluye un cuerpo hueco adaptado para rodear de manera coaxial al serpentín, el cuerpo está formado de un material eléctricamente conductor y tiene al menos una ranura inclinada allí dentro, al menos cada ranura inclinada está inclinada a un ángulo con respecto al eje longitudinal del medio de soporte para proveer una atenuación selectiva de al menos uno de los componentes de campo mientras el componente interacciona con el blindaje.

8

El invento también provee un aparato blindado para utilizar en conjunto con una herramienta de pozo, la herramienta tiene un medio de soporte longitudinal y al menos un serpentín montado sobre él, el serpentín es adaptado para transmitir o recibir energía electromagnética incluyendo componentes de campo azimutal, axial o radial. El aparato blindado incluye una cinta flexible adaptada para rodear al serpentín, la cinta está formada de un material no conductor; al menos un elemento conductor está colocado sobre la cinta, el elemento está configurado para formar un lazo abierto alrededor del serpentín cuando la cinta rodea al serpentín; un medio interruptor está conectado al menos a un elemento conductor, el medio interruptor está operativo para proveer un cierre selectivo del lazo abierto para formar un lazo cerrado; por lo cual el lazo cerrado provee una atenuación selectiva de al menos uno de los componentes de campo mientras el componente interacciona con el blindaje.

El invento también provee un método para rotar el eje del dipolo magnético de un serpentín transmisor o receptor, el serpentín está adaptado para transmitir o recibir energía electromagnética incluyendo componentes de campo azimutal, axial o radial. El método incluye rodear el serpentín con un blindaje, el blindaje tiene al menos una ranura inclinada o un elemento conductor inclinado allí dentro, al menos una ranura inclinada o elemento conductor inclinado está inclinado en un ángulo con respecto al eje del serpentín para proveer una atenuación selectiva de al menos un componente de campo de energía electromagnética mientras el componente interacciona con el blindaje.

El invento también provee un método para enrollar y blindar un serpentín eléctrico, por lo cual el serpentín emite o recibe componentes de campo de energía electromagnética seleccionados. El método incluye enrollar un primer alambre conductor alrededor de un medio de soporte no conductor tal que

9

cada vuelta del enrollado no es perpendicular al eje longitudinal del medio de soporte; adelantar el primer alambre alrededor del cuerpo para formar al menos una capa de enrollado; y envolver el enrollado con una cinta flexible adaptada para proveer una atenuación selectiva de los componentes de campo de energía electromagnética emitida o recibida.

3: BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Otros aspectos y ventajas del invento se pondrán de manifiesto al leer la siguiente descripción detallada y al referirnos a los dibujos en los cuales:

Figura 1a es un diagrama esquemático de un blindaje cilíndrico convencional con ranuras axiales. Las flechas dirigidas son representativas de la interacción entre el blindaje y los componentes de campo eléctrico de energía electromagnética incidente.

Figura 1b es un diagrama esquemático de un blindaje cilíndrico convencional con ranuras axiales. Las flechas dirigidas son representativas de la interacción entre el blindaje y los componentes de campo eléctrico de energía electromagnética incidente.

Figura 2 es un diagrama esquemático de un serpentín enrollado en un ángulo θ al eje longitudinal de la herramienta de pozo. También está representada una vista de un serpentín inclinado mientras es proyectado sobre una superficie de dos dimensiones.

Figura 3 es un diagrama esquemático de un patrón de ranuras inclinadas sobrepuestas sobre un serpentín inclinado y proyectado sobre una superficie de dos dimensiones. Las ranuras se mantienen perpendiculares a los enrollados del serpentín.

Figura 4 es un diagrama esquemático de un patrón de ranuras inclinadas sobrepuestas sobre un serpentín (axial) no inclinado y proyectado sobre una superficie de dos dimensiones.

12

Figura 5 es un diagrama esquemático del patrón de ranuras inclinadas de la Figura 4 con las ranuras mantenidas centradas sobre el enrollado del serpentín.

Figura 6 es una vista en perspectiva de un blindaje cilíndrico de acuerdo con el presente invento.

Figura 7a es un diagrama esquemático de un blindaje cilíndrico de acuerdo con el invento. Las flechas de rayas representan a los componentes dipolo magnético axial y dipolo magnético transversal asociados con el patrón de ranuras del blindaje.

Figura 7b es una sección transversal arriba de una herramienta con el blindaje de la Figura 7a como se observa a lo largo de la línea A-A cuando la herramienta está en un pozo de sondeo.

Figura 8 es un diagrama esquemático de un blindaje compuesto de una cinta de acuerdo con el presente invento. Se muestra la cinta proyectada sobre la superficie de dos dimensiones.

Figura 9 es un diagrama esquemático representativo de un juego de momentos magnéticos transversos orientados alrededor del eje longitudinal.

Figura 10 es una vista no envuelta de un blindaje compuesto de una cinta que contiene múltiples elementos conductores de acuerdo con el presente invento.

Figura 11 es un diagrama del blindaje de la Figura 10 sobrepuesto sobre los enroscados de un serpentín inclinado de acuerdo con el presente invento.

4. DESCRIPCION DE PERSONIFICACIONES ILUSTRATIVAS

Con el interés de aclarar, no todas las características de implementación actual están descritas en esta especificación. Sería apreciado que aunque el desarrollo de cualquier dicha implementación actual pueda ser compleja y larga en tiempo, sin

embargo sería algo de rutina para aquellos expertos comunes en el arte que tienen el beneficio de esta revelación.

Como se discutió anteriormente, los blindajes convencionales utilizados en herramientas de pozos universalmente tienen ranuras que están alineadas a lo largo del eje longitudinal de la herramienta. La orientación de las ranuras es perpendicular al campo eléctrico generado por el serpentín dentro o el campo que va a ser detectado por el receptor. Si el campo incidente tiene un componente no deseado del campo eléctrico que se extiende a lo largo de la ranura, luego las corrientes fluirán en el metal para cancelar ese campo y solamente permanecerá el componente normal. Para herramientas convencionales de inducción o propagación, el campo eléctrico deseado es azimutal, y las ranuras longitudinales permiten que pase el campo. Si el serpentín fue enrollado a un ángulo θ al eje de la herramienta, luego el campo eléctrico deseado ya no es azimutal, pero más bien tiene componentes tanto azimutal como longitudinal que varían como función de la posición azimutal.

Figura 2 ilustra un serpentín 14 enrollado a un ángulo θ al eje longitudinal (representadas por líneas de rayas) de la herramienta y tiene un radio a . Proyectando el serpentín 14 sobre una superficie de dos dimensiones como se muestra, la altura del serpentín 14 está descrita por una función sinusoidal del ángulo azimutal alrededor de la herramienta ϕ

$$f(\phi) = a \tan \theta \cos \phi \quad (1)$$

Un serpentín actual probablemente tendría múltiples enrollados, descritos por la ecuación (1), pero con un término adicional $p\phi$, donde p es la pendiente esencial. Los blindajes efectivos para dichas configuraciones de serpentines deben preservar ambas ventajas mecánicas y las ventajas EM ofrecidas por los blindajes convencionales.

4.1 Patrón de Ranuras en Pendiente

Un blindaje que deje pasar los componentes de campo EM deseados, y atenuar los no deseados, debe tener al menos una ranura inclinada que está inclinada a un ángulo θ con respecto al eje de la herramienta. Un patrón de ranuras en pendiente para un serpentín inclinado 14, proyectado sobre una superficie de dos dimensiones, se muestra en la Figura 3. Las ranuras 12' son perpendiculares al serpentín 14 en la intersección de la ranura 12' y el serpentín 14. Esto permite que el componente de campo eléctrico que es paralelo al serpentín 14 pase a través del blindaje con mínima atenuación. Este campo eléctrico tendrá componentes azimutales y axiales, pero ningún componente radial. La pendiente de la ranura 12' es dada por

$$1/(a \tan \theta \sin \phi). \quad (2)$$

Alternativamente, uno puede representar las ranuras 12' como dipolos magnéticos de punto sobre la superficie de un cilindro conductor (no mostrado). La ubicación de cada dipolo magnético es dada por la ecuación (1), y su orientación es dada por la ecuación (2). Cada dipolo magnético individual tiene un componente axial y un componente azimutal más pequeño.

Mientras la discusión anterior ha asumido que el serpentín bajo el blindaje está inclinado a un ángulo θ con respecto al eje de la herramienta, los blindajes 10 del presente invento también pueden ser utilizados con un serpentín axial 14. Con esta configuración, el eje del dipolo magnético del serpentín puede ser rotado selectivamente. La Figura 4 ilustra un patrón de ranuras inclinadas 12' sobrepuestas sobre un serpentín axial 14 y proyectado sobre una superficie de dos dimensiones. Esta configuración se desvía de la configuración de la Figura 3.

Como se muestra en la Figura 4, las ranuras 12' ya no son perpendiculares a los enrollados del serpentín 14. Esto puede afectar la fuerza relativa del componente dipolo magnético transversal ("TMD") al componente dipolo magnético axial. Una

propuesta para minimizar estos efectos sería la de mantener las ranuras 12' centradas sobre el serpentín 14, como se muestra en la Figura 5. La Figura 5 también muestra un patrón de ranuras inclinadas 12' sobrepuestas sobre un serpentín axial 14 proyectándose sobre una superficie de dos dimensiones. Aunque el serpentín 14 en la Figura 4 es mostrado comprendiendo múltiples enrollados, será entendido por aquellos expertos en el arte que los blindajes del presente invento son efectivos con serpentines 14 compuestos de uno o más enrollados.

Mientras las Figuras 3-5 muestran ranuras rectas 12', en general las ranuras 12' son curvas de manera de mantener la dirección de las ranuras 12' perpendicular a las direcciones de los enrollados o para mantenerlas perpendicular a la dirección deseada del campo eléctrico que está para pasar a través del blindaje sin atenuación.

Rodeando un serpentín axial 14 con un blindaje del presente invento producirá campos magnéticos transversos. Solamente el componente del campo eléctrico perpendicular a la ranura 12' pasará a través del blindaje; los componentes paralelos a la ranura 12' serán atenuados. El campo eléctrico que pasa a través de las ranuras 12' está en la dirección que resultaría de un serpentín inclinado verdadero. Básicamente, el blindaje funciona como un polarizador que pasa los componentes del campo EM correspondientes a un dipolo magnético orientado a un ángulo inclinado en relación al eje de la herramienta.

La Figura 6 muestra una personificación de un blindaje 10 del presente invento. Una personificación del blindaje 10 vincula un cuerpo hueco 16 formado de un material conductor, típicamente de metal. El blindaje 10 tiene aberturas 18 en sus extremos a través de las cuales pasa el cuerpo de la herramienta (no mostrado). Típicamente las herramientas de pozo contienen un tubo metálico alargado como un medio de soporte central sobre el cual están montados sensores, electrónica, y otra

14

instrumentación. Se entenderá que otros medios de soporte, tal como tubería en espiral o tubos no metálicos, pueden ser utilizados para implementar el presente invento, ya que aquí el tipo preciso de medios de soporte es indiferente. El cuerpo hueco 16 puede ser abierto en los extremos o cerrado en los extremos. El cuerpo 16 es formado generalmente en la forma de una superficie de revolución. Se prefiere al cilindro aunque se pueden utilizar otras formas tal como un elipsoide de revolución. Preferiblemente, un blindaje 10 rodeará independientemente cada serpentín sobre la herramienta del pozo. El blindaje 10 puede ser montado sobre la herramienta del pozo de una manera adecuada como se muestra en el arte.

El patrón de radiación EM alrededor de una herramienta de sondeo puede ser afectado por la herramienta en sí, por lo que una operación de blindaje óptimo 10 puede requerir un ajuste fino del patrón de ranura 12' exacto. Los modelos muestran que la excentricidad del pozo de sondeo puede tener un efecto perjudicial grande sobre una medición que utilice los TMDs. Los TMDs excéntricos pueden acoplarse directamente a los modos de pozos de sondeo TM vía los modos TM de campos magnéticos azimutal (B_θ). Como un serpentín inclinado 14 puede ser representado como una suma de vectores de un dipolo magnético axial y un dipolo magnético transversal, también será susceptible a grandes efectos de excentricidad.

Sin embargo, las configuraciones de blindaje 10 del presente invento proveerán alguna inmunidad al modo TM, de manera que los efectos de excentricidad pueden ser reducidos en severidad. La Figura 7a muestra al componente dipolo magnético axial B_A y al componente dipolo magnético transversal B_T asociados con cada ranura 12'. Como se muestra en la Figura 7a, el patrón de ranura 12' provee de alguna cancelación de componentes dipolo magnéticos transversos opuestos B_T .

15

La Figura 7b es una vista de arriba de una herramienta con el blindaje de la Figura 7a como se observa a lo largo de la línea A-A cuando la herramienta está en un pozo de sondeo. Como se muestra en la Figura 7b, los modos TM de campos magnéticos azibutal (B_θ) puede acoplarse con los componentes dipolo magnéticos transversos B_r de las ranuras 12'. Los modos TM de campos eléctricos radiales (E_r) no penetrarán el blindaje 10, por lo que el serpentín 14 no lo percibirá.

Los dipolos magnéticos transversos varían con azimut θ como con $\sin\theta$. El campo magnético de modos TM puede ser escrito como

$$B_\theta(\theta) = B_0 + B_1 \sin\theta + B_2 \sin 2\theta + \dots \quad (3)$$

El campo B_0 no será detectado por el serpentín 14 ya que B_0 es una función par de θ , mientras los dipolos magnéticos transversos son una función impar de θ . Lo mismo es verdadero para $B_2 \sin 2\theta$. Sin embargo, B_1 es una función impar de θ , de manera que será detectado por el serpentín 14. Asumiendo que la conductividad de la herramienta es de muchos órdenes de magnitud mayor que el fluido del pozo de sondeo o de la formación, el campo magnético azimutal (B_θ) no variará mucho con azimut θ . Como, $B_0 \gg B_1, B_2$, de manera que el acoplamiento TM a las ranuras 12' será muy pequeño en promedio.

Se pueden efectuar modificaciones al blindaje 10 o al serpentín 14 para alterar la amplitud azimutal de la energía EM incidente o el ángulo de rotación del dipolo magnético. Múltiples blindajes 10 pueden ser sobrepuestos de manera coaxial alrededor del serpentín 14. Combinaciones de ranuras inclinadas y axiales de variable longitud, ancho, grosor, orientación, simetría, densidad, o extensión pueden formarse sobre un blindaje 10. Las ranuras inclinadas 12' pueden tener ángulos en pendientes iguales o variados. Las ranuras 12' pueden ser llenadas parcialmente o enteramente con algún tipo de material que produce caída de voltaje (por ejemplo, conductor). Un

21

elemento conductor, tal como una correa o alambre metálico, puede ser conectado entre los lados de una ranura 12' para parcialmente eliminar por corto circuito la ranura 12'.

El blindaje 10 del invento también puede formarse incluyendo dos mitades o varias secciones configuradas para formar una superficie de revolución cuando se combinan (no mostradas). Tal configuración además puede comprender una sección o la mitad de un blindaje 10 que es aislado eléctricamente de la otra mitad o de otras secciones. El espacio entre el serpentín y su medio de soporte o el espacio entre el serpentín y el blindaje 10 también puede ser variado. Sería apreciado por aquellos expertos en el arte que tienen el beneficio de esta revelación que otras modificaciones pueden ser utilizadas para aumentar la eficiencia del blindaje 10.

4.2 Blindaje en Cintas

La Figura 8 ilustra otra personificación del presente invento. Se puede implementar un blindaje en la forma de una cinta 20, referida también como circuito flexible. La cinta 20 se muestra proyectada sobre una superficie de dos dimensiones para claridad de la ilustración. Una cinta 20 efectiva puede estar formada de cualquier material no conductor adecuado que pueda ser adaptado para rodear coaxialmente un serpentín. La cinta 20 es preferiblemente flexible, pero también puede estar formada de un material rígido. La cinta 20 contiene al menos un elemento conductor 22, preferiblemente una multitud de elementos 22. Los elementos conductores 22 pueden estar formados de cintas finas de cobre u otros materiales conductores adecuados.

Como se describe arriba, un blindaje que incorpore ranuras inclinadas puede ser utilizado para rotar el momento magnético de un serpentín 14. Por lo tanto, los elementos conductores 22 están dispuestos en la cinta 20 de manera que cada elemento 22 está inclinado en un ángulo con respecto al eje de la herramienta cuando la cinta está montada sobre la herramienta

17

para rodear un serpentín. Como la cinta 20 no es conductora (al contrario de las personificaciones de blindajes descritas arriba), los elementos 22 también deben ser configurados para formar un lazo alrededor del serpentín cuando la cinta rodea al serpentín. El lazo provee el paso en el cual las corrientes pueden fluir alrededor del serpentín de manera de rotar el eje del dipolo magnético. La cinta 20 provee atenuación selectiva de la energía EM emitida o recibida por el serpentín cuando se forma un lazo completo alrededor del serpentín por el elemento conductor 22.

Una conexión desviable es suministrada en la cinta 20 para abrir o cerrar selectivamente los lazos formados por los elementos conductores 22, como ilustrados en la Figura 8. Esta conexión puede ser una serie de conexiones o solamente una conexión. La conexión(es) también puede estar ubicada en cualquier punto adecuado del circuito. Cuando la conexión se cierra, el elemento 22 actúa para rotar el dipolo magnético del serpentín. Cuando se abre, no tiene efecto. Una forma de una conexión desviable utiliza un interruptor MosFET para abrir o cerrar el paso de corriente alrededor del serpentín. Otros medios adecuados pueden ser utilizados para formar la conexión(es) desviable como es conocida en el arte. La cinta 20 también puede comprender medios interruptor adicionales (no mostrados) para proveer un corto eléctrico con el mandril de una herramienta de pozo si se hace necesario.

Las modificaciones descritas arriba también pueden ser hechas a la cinta 20 o al serpentín para alterar la amplitud azimutal de la energía EM incidente o el ángulo de rotación del dipolo magnético. Múltiples capas de elementos conductores 22 que tienen diferentes direcciones de momentos dipolares magnéticos también pueden ser colocados sobre la cinta 20. Esto permitiría el uso de un solo serpentín axial 14 como un transmisor o receptor y cerrando las conexiones desviables sobre

la cinta 20 se pudieran lograr diferentes rotaciones del momento magnético. Alternativamente, múltiples cintas 20 pudieran ser sobrepuestas coaxialmente para rodear al serpentín.

4.3 Dipolos Magnéticos Transversos

Alterando la dirección del dipolo magnético, se puede utilizar un serpentín para realizar mediciones de formación a múltiples orientaciones. Esta sección describe un método para enrollar y blindar una estructura de serpentín para producir un juego de TMDs de acuerdo con el presente invento.

Sobreponiendo o extendiendo tres serpentines alrededor de un medio de soporte no conductor y envolviendo los serpentines con una o más cintas 20 se pueden producir un juego de dipolos transversos. La Figura 9 ilustra un juego de momentos magnéticos dirigidos a lo largo de tres direcciones ortogonales a un ángulo igual al eje longitudinal de la herramienta. Con esta configuración los tres serpentines y sus correspondientes cintas pueden activarse o desactivarse independientemente. Esto permite que cualquier serpentín y par polarizador sean engranados, mientras los otros dos juegos son desengranados.

La construcción de un serpentín y cinta polarizadora 20 para el caso más simple (el cual sería solo un serpentín y su correspondiente polarizador) ahora será descrita. El serpentín puede ser enrollado alrededor de un medio de soporte no conductor (tal como una herramienta de mandril aislado) desde cualquier alambre conductor adecuado como se conoce en el arte. Refiriéndonos a la Figura 2, para producir un dipolo magnético en un ángulo Φ entre 0° y 90° , la ubicación del centro del filamento sería

$$Z(\vartheta) = -a \tan \Phi \cos \vartheta + p \vartheta, \quad (4)$$

donde a es el radio del medio de soporte, ϑ es el ángulo azimutal, y p es la pendiente. El alambre se enrolla preferiblemente de forma compacta de manera que la profundidad y

el ancho del filamento están en el orden del diámetro del alambre d y $a \gg p \geq d$.

La cinta polarizadora 20 es construida de manera que los elementos conductores 22 están en todas partes perpendiculares a la corriente en los enrollados del serpentín. La Figura 10 muestra una personificación de una cinta 20 que contiene elementos conductores 22 de acuerdo con el invento. Los elementos conductores pueden ser empotrados, pegados o añadidos a la cinta de cualquier manera adecuada como se conoce en el arte. La forma funcional $f(\phi')$ de estos elementos conductores 22

es derivada por

$$f(\phi) = \int \frac{-1}{dz/d\phi} d\phi' \quad (5)$$

donde

$$dz/d\phi = -a \tan \theta \sin \phi', \quad (6)$$

evaluado a $\phi = \phi'$. De manera que,

$$f(\phi) = \int \frac{1}{\beta \sin \phi} = \frac{1}{2\beta} \ln \left(\frac{1 + \cos \phi}{1 - \cos \phi} \right) \quad (7)$$

donde $\beta = a \tan \Phi$.

Además de proveer una atenuación selectiva de componentes de energía EM, la cinta polarizadora 20 actúa como un blindaje Faraday para reducir el acoplamiento de condensadores entre serpentines, sin atenuar los componentes deseados del campo magnético. El comportamiento como un blindaje Faraday es comparable con el comportamiento de blindajes convencionales

20

utilizados en las herramientas de inducción o propagación de presente generación. La Figura 11 muestra la cinta 20 de la Figura 10 sobrepuesta sobre los enrollados 24 de un serpentín inclinado. Como se muestra en la Figura 11, los elementos conductores 22 están en todas partes perpendiculares a los enrollados del serpentín. Aunque la Figura 11 muestra la sobreposición de la cinta 20 sobre el serpentín 14, el mismo patrón se aplica a la sobreposición de un blindaje cilíndrico 10 con ranuras inclinadas 12' sobre un serpentín 14. El serpentín simplificado y la cinta 20 descritos arriba pueden ser sobrepuestos para crear un juego de dipolos magnéticos fundamentales. Estos pueden ser utilizados para construir una estructura de serpentín que provea una capacidad de medición selectiva tridimensional.

Para el propósito de esta especificación se entenderá claramente que la palabra "comprendiendo" significa "incluye pero no limitado a", y que la palabra "comprende" tiene un significado correspondiente.

Mientras los métodos y aparatos de este invento han sido descritos como personificaciones específicas, será claro para aquellos expertos en el arte que se pueden aplicar variaciones a las estructuras y en los pasos o en la secuencia de pasos de los métodos descritos aquí sin apartarse del concepto y alcance del invento. Todas dichas variaciones similares claras para aquellos expertos en el arte se consideran que están dentro de este concepto y alcance del invento como son definidas por las reivindicaciones anexas.

LO REIVINDICADO ES:

1. Un aparato blindado para usar en conjunto con una herramienta de pozo, la herramienta tiene un medio de soporte longitudinal y al menos un serpentín montado sobre él, el serpentín está adaptado para transmitir o recibir energía

electromagnética incluyendo componentes de campo azimutal, axial o radial, el aparato comprende:

un cuerpo hueco adaptado para rodear de forma coaxial al serpentín, el cuerpo está formado de un material conductor de electricidad y que tiene al menos una ranura en pendiente allí dentro, al menos cada ranura en pendiente está inclinada en un ángulo con respecto al eje longitudinal del medio de soporte para proveer una atenuación selectiva de al menos uno de los componentes de campo mientras el componente interacciona con el blindaje.

2. El aparato blindado de la reivindicación 1, donde al menos una ranura está en pendiente tal que la ranura es perpendicular al serpentín o está centrada sobre el serpentín en la intersección de la ranura y el serpentín.

3. El aparato blindado de la reivindicación 1, donde al menos una ranura está en pendiente en un ángulo tal que al menos se permite que un componente de campo de la energía electromagnética transmitida o recibida pase a través del blindaje con una atenuación mínima.

4. Un aparato blindado para usar en conjunto con una herramienta de pozo, la herramienta tiene un medio de soporte longitudinal y al menos un serpentín montado sobre él, el serpentín está adaptado para transmitir o recibir energía electromagnética incluyendo componentes de campo azimutal, axial o radial, el aparato comprende:

una cinta flexible adaptada para rodear al serpentín, la cinta está formada de un material no conductor;

al menos un elemento conductor colocado sobre la cinta, el elemento está configurado para formar un lazo abierto alrededor del serpentín cuando la cinta rodea al serpentín;

medios interruptores conectados al menos a un elemento conductor, los medios interruptores son operativos para

proveer un cierre selectivo del lazo abierto para formar un lazo cerrado; y

por lo cual el lazo cerrado provee atenuación selectiva de al menos uno de los componentes de campo mientras el componente interacciona con el blindaje.

5. El aparato blindado de la reivindicación 4, donde al menos un elemento conductor está colocado sobre la cinta de modo que el elemento sea centrado sobre el serpentín o perpendicular al serpentín cuando la cinta rodea al serpentín.

6. El aparato blindado de la reivindicación 4, donde al menos un elemento conductor está colocado sobre la cinta de modo que el elemento es inclinado en un ángulo con respecto al eje longitudinal del medio de soporte cuando la cinta rodea al serpentín.

7. El aparato blindado de la reivindicación 6, donde al menos un elemento conductor es inclinado en un ángulo tal que permite que al menos un componente de campo de la energía electromagnética transmitida o recibida pase a través de la cinta con atenuación mínima cuando la cinta rodea al serpentín.

8. Un método para rotar el eje del dipolo magnético de un serpentín transmisor o receptor, el serpentín está adaptado para transmitir o recibir energía electromagnética incluyendo componentes de campo azimutal, axial o radial, comprende:

rodear al serpentín con un blindaje, el blindaje tiene al menos una ranura inclinada o un elemento conductor inclinado allí dentro, al menos cada ranura inclinada o cada elemento conductor inclinado está inclinado en un ángulo con respecto al eje del serpentín para proveer atenuación selectiva de al menos un componente de campo de energía electromagnética mientras el componente interacciona con el blindaje.

9. El método de la reivindicación 8, además comprende sobreponer múltiples blindajes alrededor del serpentín, cada

blindaje comprende al menos una ranura o elemento conductor allí dentro.

10. Un método para enrollar y blindar un serpentín eléctrico, de manera que el serpentín emite o recibe componentes de campo de energía electromagnética seleccionada, comprende:

- a) enrollar un primer alambre conductor alrededor de un medio de soporte no conductor de manera que cada vuelta del enrollado no sea perpendicular al eje longitudinal del medio de soporte;
- b) avanzar el primer alambre alrededor del cuerpo para formar al menos una capa de enrollados; y
- c) envolver los enrollados con una cinta flexible adaptada para proveer atenuación selectiva de los componentes de campo de energía electromagnética emitida o recibida.

11. El método de la reivindicación 10, donde un segundo alambre conductor es enrollado alrededor del medio de soporte no conductor de manera que las vueltas del enrollado no son ni perpendiculares al eje longitudinal del medio de soporte ni paralelas a las vueltas del primer alambre, y avanzando el segundo alambre alrededor del medio de soporte para formar al menos una capa de enrollados.

12. El método de la reivindicación 11, además comprende envolver los enrollados del segundo alambre con una cinta flexible adaptada para proveer atenuación selectiva de la energía electromagnética emitida o recibida.

13. El método de la reivindicación 11, donde un tercer alambre conductor es enrollado alrededor del medio de soporte no conductor de manera que las vueltas del enrollado no son ni perpendiculares al eje longitudinal del medio de soporte ni paralelas a las vueltas del primer o segundo alambre, y avanzando el tercer alambre alrededor del medio de soporte para formar al menos una capa de enrollados.

.. ..

14. El método de la reivindicación 13, además comprende envolver los enrollados del tercer alambre con una cinta flexible adaptada para proveer atenuación selectiva de la energía electromagnética emitida o recibida.

RESUMEN

Un aparato blindado para usar en conjunto con una herramienta de pozo para atenuar selectivamente uno o más componentes de campo de energía electromagnética mientras los componentes interaccionan con el blindaje. El blindaje está compuesto de una cinta flexible o un cuerpo conductor y comprende al menos una ranura inclinada o un elemento conductor inclinado allí dentro. El blindaje está adaptado para rodear una antena montada sobre una herramienta de pozo. Un método para rotar el eje del dipolo magnético de un serpentín transmisor o receptor. Un método para enrollar y blindar un serpentín eléctrico tal que el serpentín resultante emite o recibe componentes de campo seleccionados de energía electromagnética.

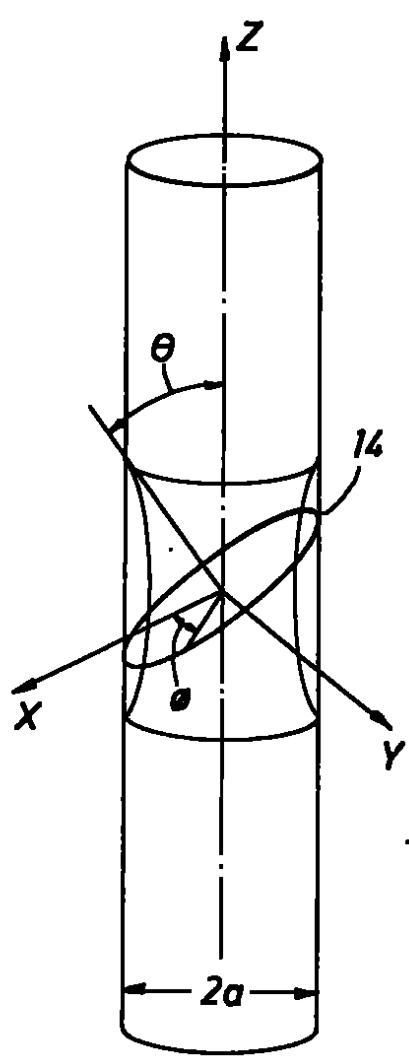


FIG.2

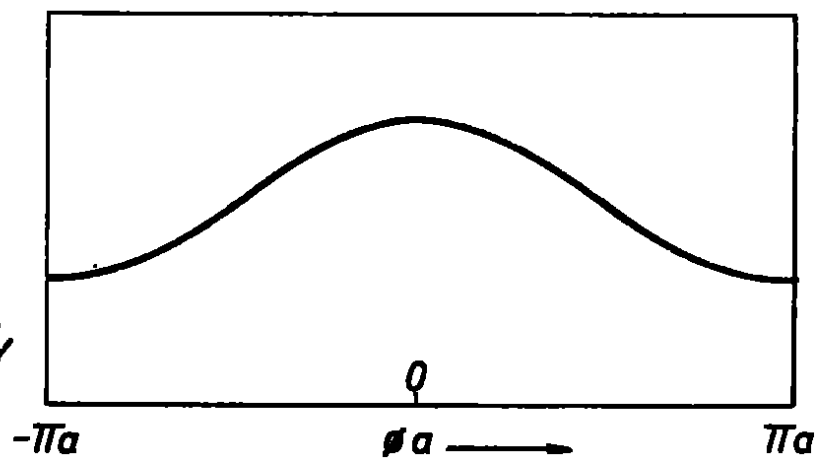


FIG.1a
(ARTE PREVIO)

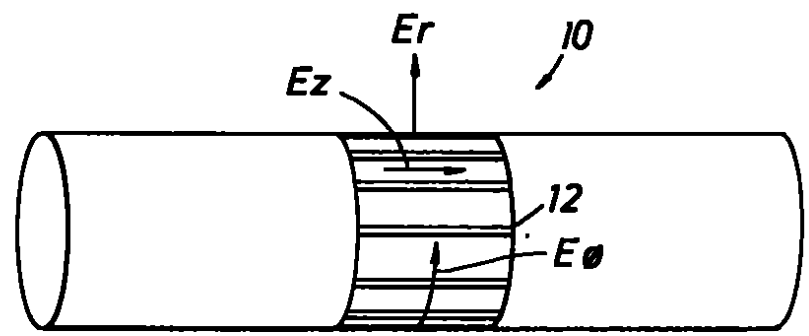
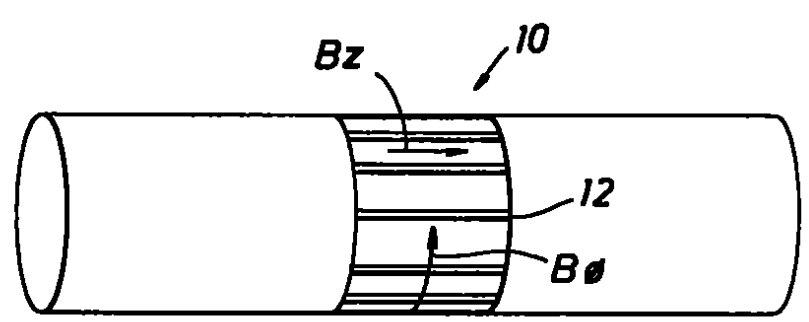


FIG.1b
(ARTE PREVIO)



+

2/6

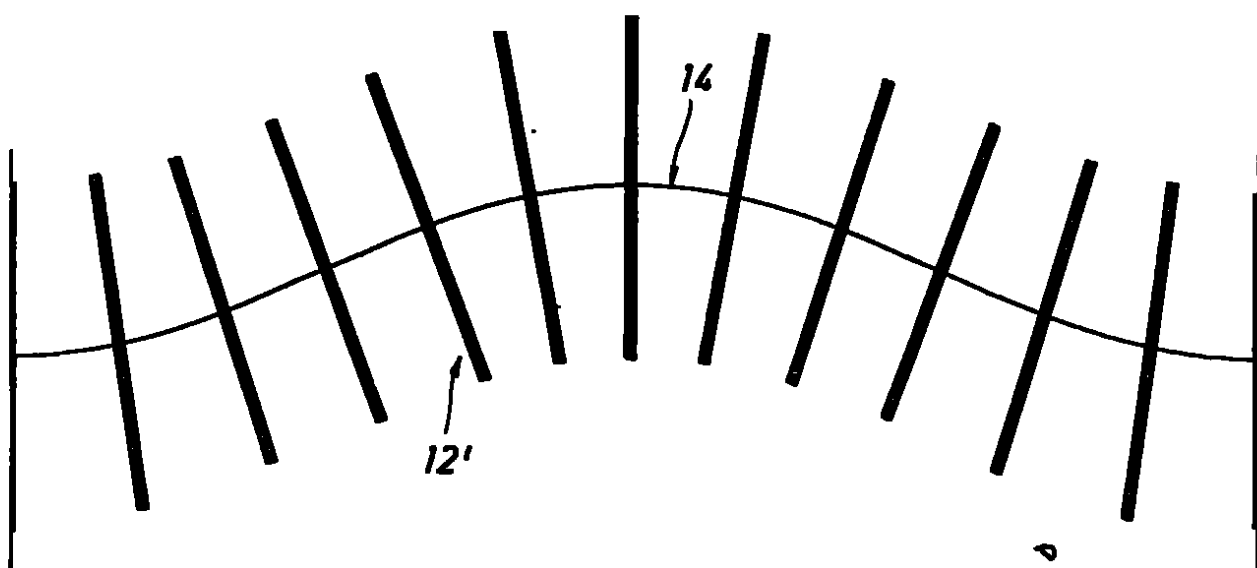


FIG. 3

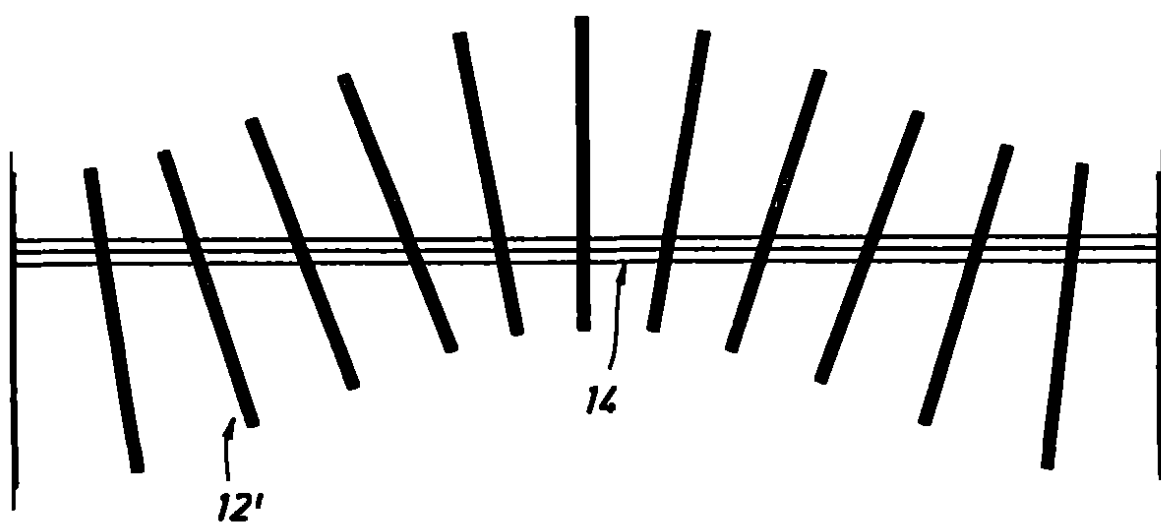


FIG. 4

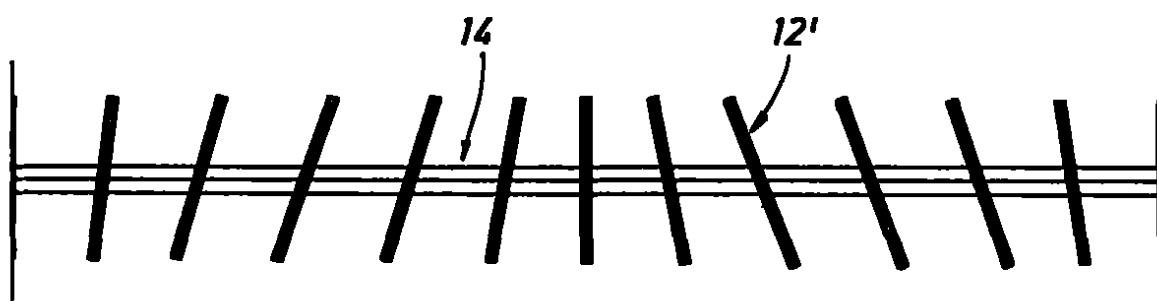


FIG. 5

+

+

3/6

FIG. 6

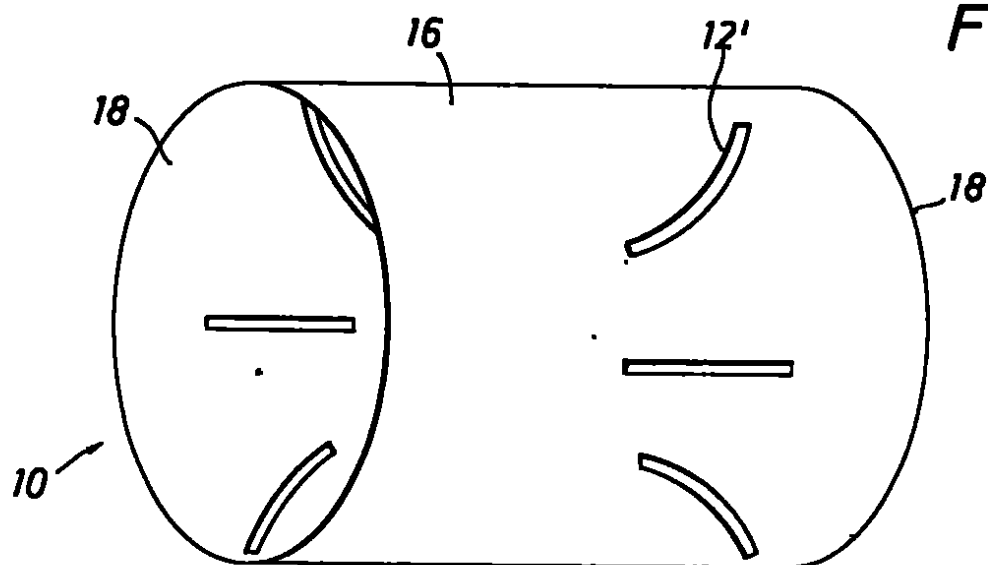
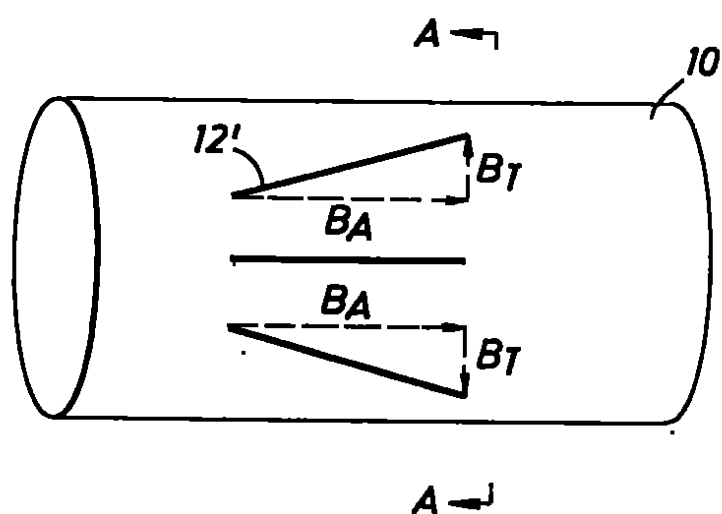


FIG. 7a

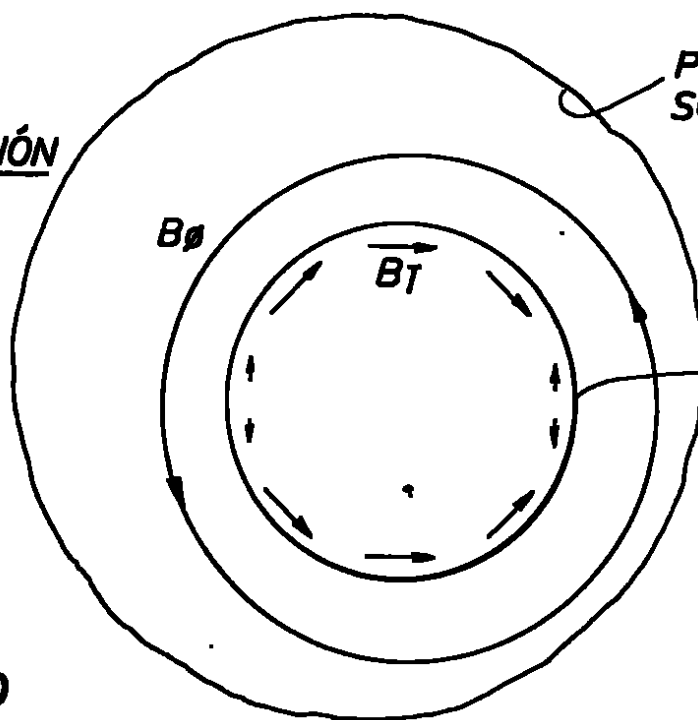


FORMACIÓN

POSO DE SONDEO

HERRAMIENTA CON BLINDAJE

FIG. 7b



+

+

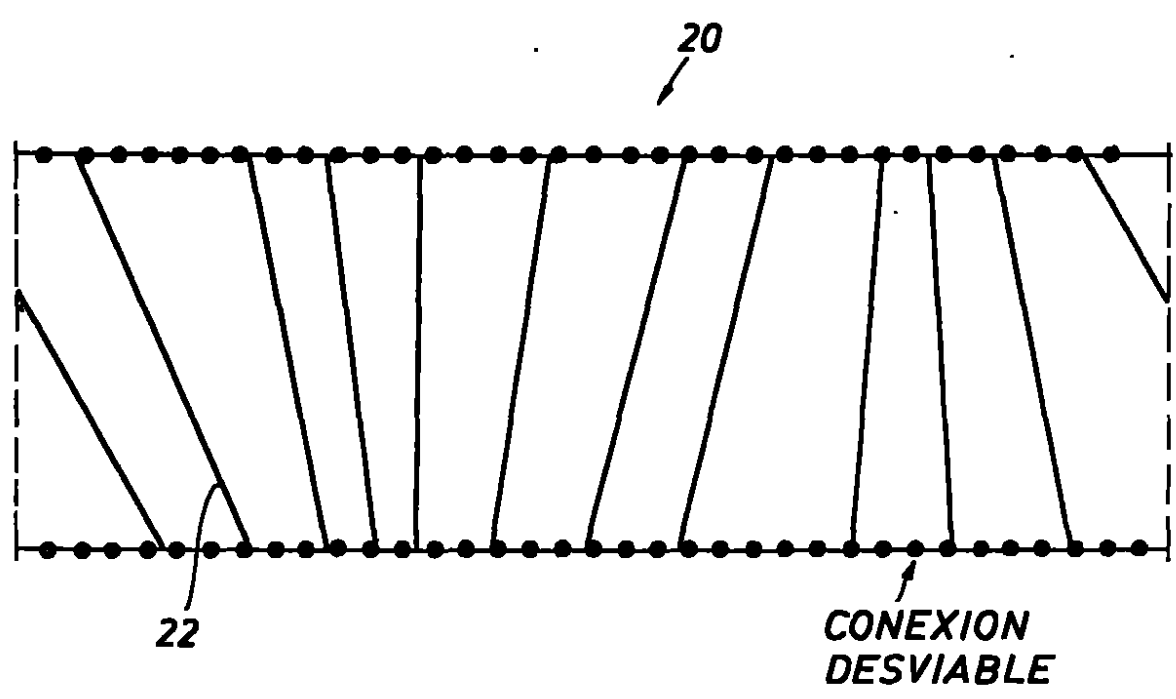


FIG. 8

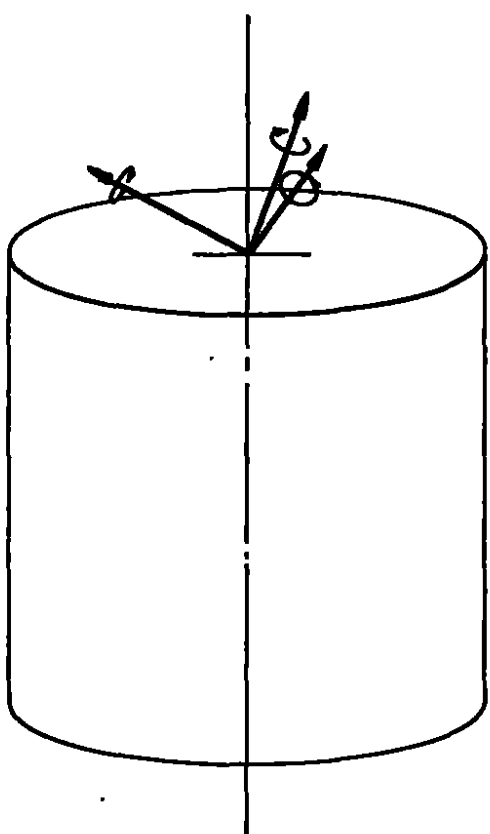


FIG. 9

+

30

+

5/6

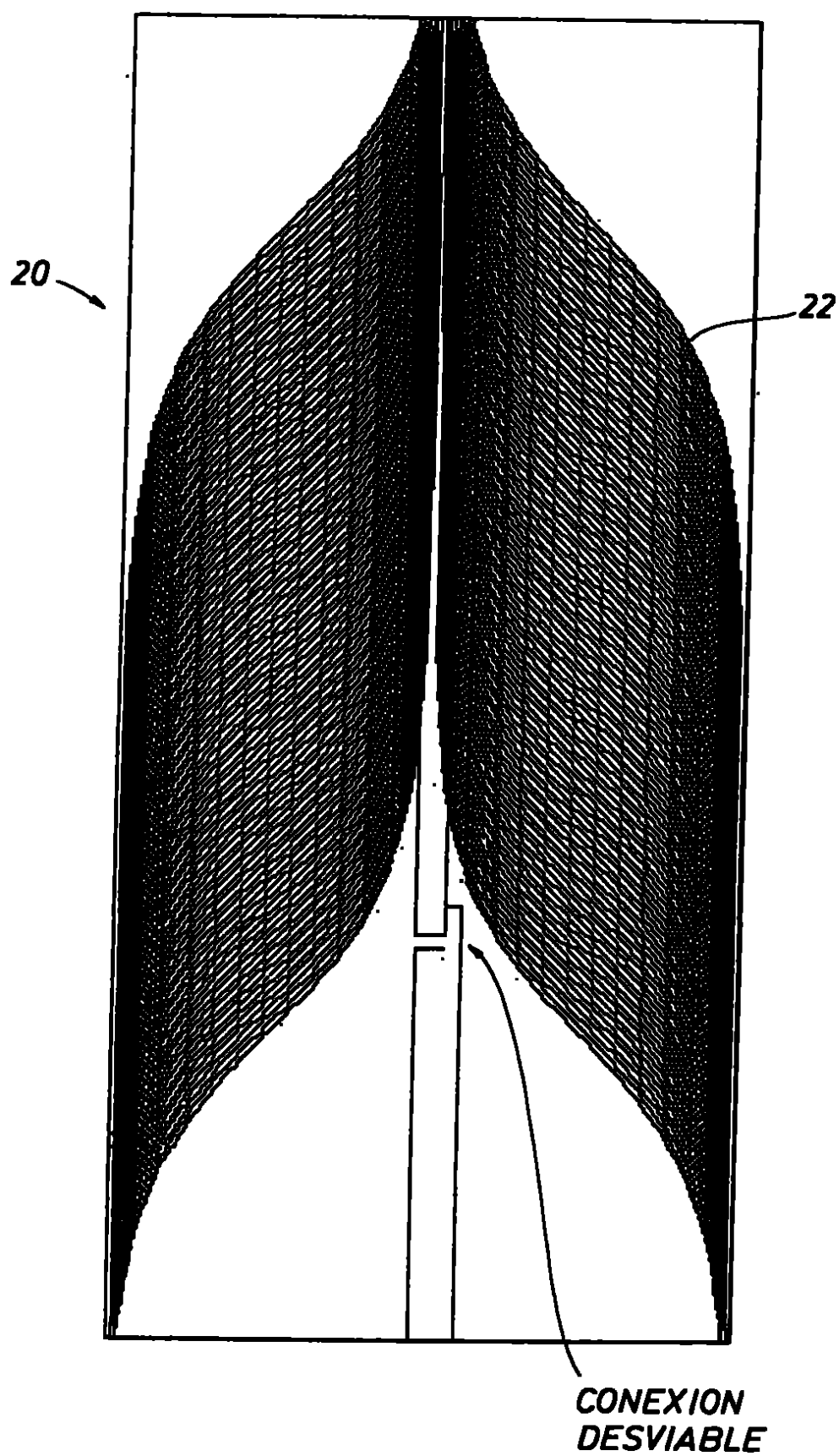


FIG. 10

+

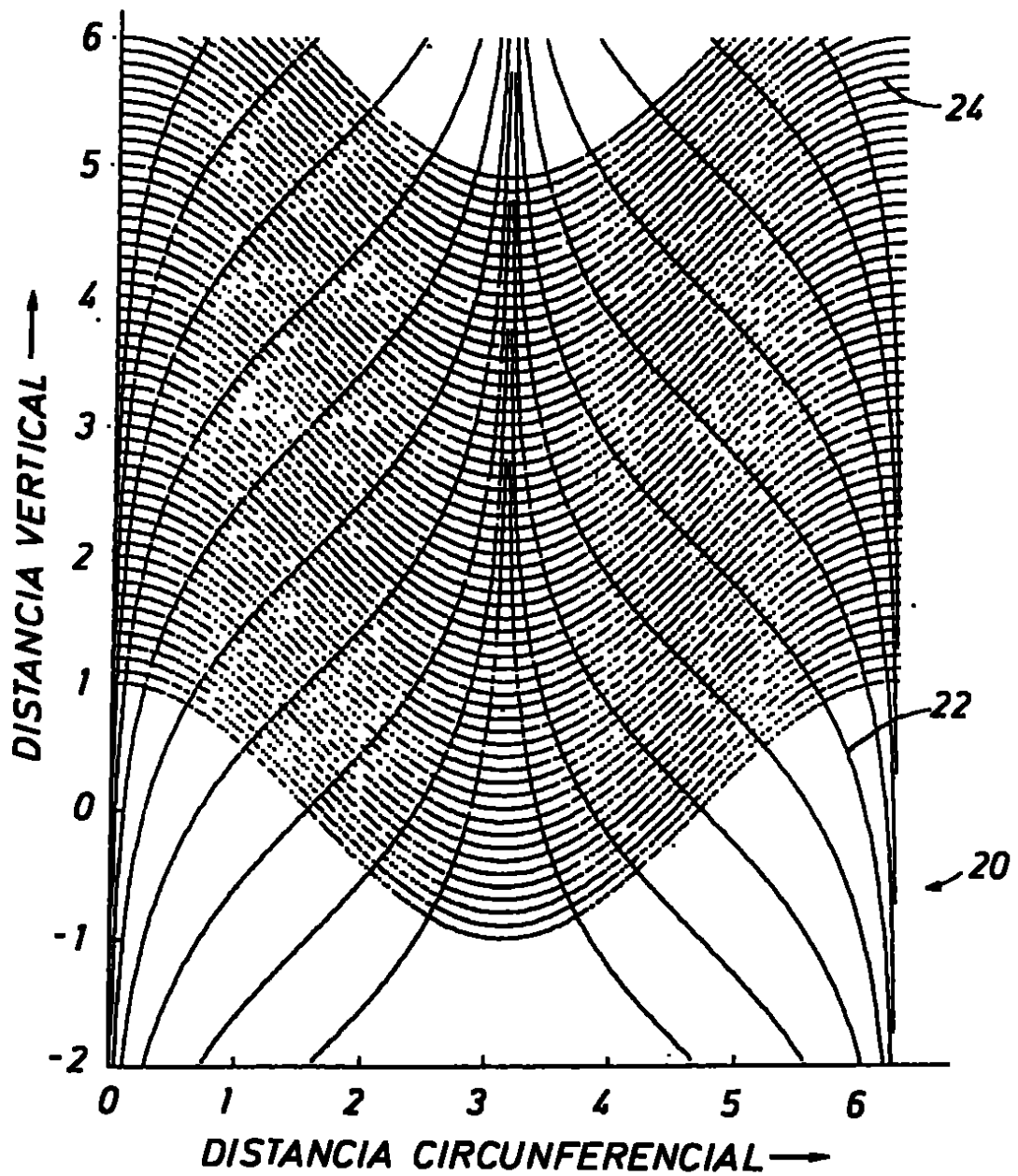


FIG.11



32 9

**CONSULADO DE COLOMBIA
WASHINGTON, D.C.**

No. 2092

EL CONSULADO DE COLOMBIA

CERTIFICA:

Que es auténtica la firma de PATRICK O. HATCHETT.
quien el día 11 DE AGOSTO DEL 2000
desempeñaba las funciones de OFICIAL DE AUTENTICACIONES DEPARTAMENTO DE ESTADO.
la cual aparece al pie de los documentos anexos relacionados con CERTIFICACION.

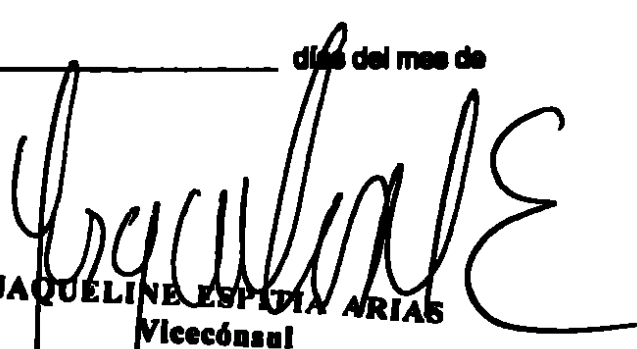
Dado en Washington, D.C. a los CATORCE (14) días del mes de
AGOSTO del año dos mil (2000)

Pagado Impuesto de Timbre 7=

Pagado Derecho Consular 15=

Total 22=

(El Consulado no asume ninguna
responsabilidad por el contenido de los
documentos anexos)


JAQUELINE ESPITIA ARIAS
Vicecónsul

United States of America



DEPARTMENT OF STATE

To all to whom these presents shall come, Greeting,

I Certify That the document hereunto annexed is under the Seal of the Patent and Trademark Office, Department of Commerce, United States of America, and that such Seal is entitled to full faith and credit.*

In testimony whereof, I, Madeleine K. Albright, Secretary of State, have hereunto caused the seal of the Department of State to be affixed and my name subscribed by the Assistant Authentication Officer, of the said Department, at the city of Washington, in the District of Columbia, this eleventh day of August, 2000.

Madeleine K. Albright

Secretary of State

By

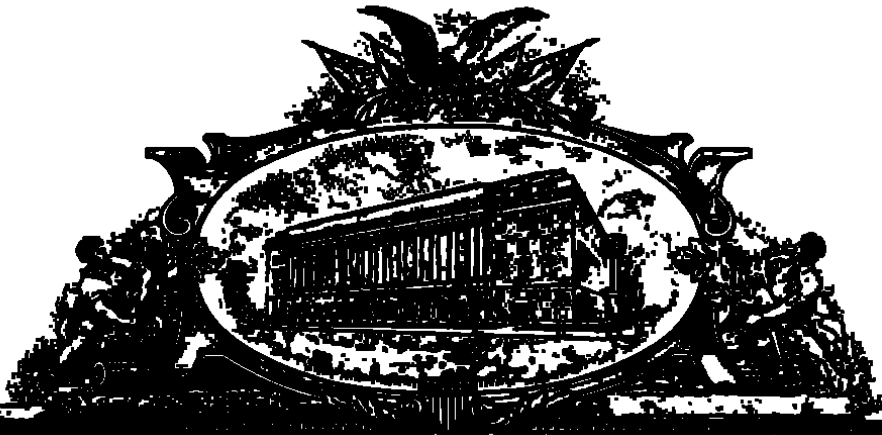
Paul O. Hannon

Assistant Authentication Officer,
Department of State

*Issued pursuant to CHXIV, State of
Sept. 13, 1789, 1 Stat. 68-69; 22
USC 2657; 22USC 2651a; 5 USC
301; 28 USE 1733 et. seq.; 8 USC
1443(f); RULE 44 Federal Rules of
Civil Procedure.*

**For the contents of the annexed document, the Department assumes no responsibility*

This certificate is not valid if it is removed or altered in any way whatsoever



THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

August 01, 2000

THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A FILING DATE UNDER 35 USC 111.

APPLICATION NUMBER: 09/452,660 ✓

FILING DATE: December 01, 1999 ✓



By Authority of the
COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS

T. Lawrence

T. LAWRENCE
Certifying Officer

12/01/99

15396

Postmark: I certify that this application is being deposited in the United States Postal Service as "Express Mail Post Office" under 37 CFR 1.10 in an envelope addressed to the Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on the date shown below.
December 1, 1999



Schlumberger
Oilfield Services
Sugar Land Product Center
200 Gillingham Lane
Sugar Land, Texas 77478
(281) 285-8500

Express Mail Cert. No. E1737178188K

Sam J. Stewart
Sam J. Stewart

Date: December 1, 1999
Box PATENT APPLICATION
Assistant Commissioner for Patents
Washington, D. C. 20231

Sir:

RE: Application of: Brian Clark, Richard A. Rosthal, Dean M. Homan, Dzevat Omeragic, Stephen D. Bonner, Scott S. Chesser, Thomas D. Barber
For: SHIELD APPARATUS FOR USE IN CONJUNCTION WITH A WELL TOOL
Docket No.: 24.0815

Enclosed are the following:

- ☒ Application including specification, claims and 6 sheets of drawings;
☐ Declaration;
☐ Priority Document;
☐ Information Disclosure Statement and PTO-1449
☒ Assignment to: SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION
Please record the Assignment and charge the appropriate fee to Deposit Account No. 19-0610. After recordation, please return the Assignment to the undersigned.

The remittance to cover the fees for filing the application is computed as follows:

FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA	RATE	BASIC FEE \$760
TOTAL CLAIMS	44 - 20	24	x \$18	432
INDEPENDENT CLAIMS	4 - 3	1	x \$78	78
ADDITIONAL FEE FOR FILING MULTIPLE DEPENDENT CLAIMS-\$260				0

TOTAL FILING FEE: \$ 1270.00

Please charge these fees to Deposit Account No. 19-0610. Please charge any other patent application filing fees under 37 CFR § 1.16 or patent application processing fees under 37 CFR § 1.17 associated with this communication to Deposit Account No. 19-0610.

Three copies of this letter are enclosed.

Respectfully submitted,

Victor H. Segura
Victor H. Segura
Registration No. 44,329

Intellectual Property Attorney, IP Law and Contracts
Schlumberger Oilfield Services
200 Gillingham Lane, MD 200-9
Sugar Land, Texas 77478
(281) 285-4562

PATENT
24.0815

APPLICATION FOR UNITED STATES LETTERS PATENT

for

Shield Apparatus for Use in Conjunction with a Well Tool

By

Brian Clark, Richard A. Rosthal, Dean M. Homan, Dzevat Omeragic,
Stephen D. Bonner, Scott S. Chesser, Thomas D. Barber

EXPRESS MAIL MAILING LABEL

NUMBER EJ 737378188US

DATE OF DEPOSIT December 1, 1999

I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the United States Postal Service
"EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE" service under 37 C.F.R. 1.10 on the date
indicated above and is addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington D.C. 20231.

[Signature]
Signature

09452660-120199

SHIELD APPARATUS FOR USE IN CONJUNCTION WITH A WELL TOOL**1. BACKGROUND OF THE INVENTION****1.1 Field of the Invention**

This invention relates to the field of well logging tools of the type wherein electromagnetic ("EM") energy is used for measuring characteristics of formations surrounding a borehole. More particularly, this invention relates to an improved antenna coil shield for use in such tools to provide selective attenuation of the EM waves emitted or received by the antenna.

1.2 Description of Related Art

Induction and propagation well tools have been employed in logging operations for many years to measure the properties of subsurface formations surrounding an earth borehole. In conventional logging techniques, a number of antennas or coils are mounted on a well tool. An alternating current energizes one or more transmitter coils to emit EM energy into the formations. The emitted energy propagates through the formations or induces currents in the formations surrounding the borehole. The EM energy or currents are detected and measured by one or more receiver coils on the tool. The measured EM signals are processed to determine the electrical properties, such as permittivity or conductivity, of the formations.

If the transmitter and receiver coils on these tools were perfectly configured and balanced in a theoretically ideal system, the EM energy emitted by the coils would propagate in a mode known as a transverse electric ("TE") mode, of the type generated by an ideal vertical magnetic dipole in an azimuthally symmetric media. However, under actual operating conditions, there are various factors that give rise to the generation of significant undesired EM field components. One approach to alleviating this problem is with the use of antenna shields to reduce the transmission and/or reception of spurious and unwanted EM field components. These shields are typically used in conjunction with each coil on the tool.

38

U.S. Pat. Nos. 4,536,714 and 4,949,045 (both assigned to the assignee of the present disclosure) disclose conventional antenna shields employed in these well tools to provide mechanical protection for the coils and to guarantee the passage of desired EM field components. As shown in Figure 1a, these shields 10 are in the form of a metal cylinder that has slots 12 in the axial direction. The slot 12 pattern allows the azimuthal electric field (E_ϕ) component of the EM energy to pass, but prevents radial (E_r) and axial (E_z) electric field components from passing through the shield, either from within (in the case of a transmitter) or from without (in the case of a receiver). An alternative viewpoint is to represent each axial slot 12 as an axial magnetic dipole, as shown in Figure 1b. These magnetic dipoles are sensitive to axial magnetic fields (B_z), but they are not sensitive to azimuthal magnetic (B_ϕ) fields. The shielded coils are thus rendered insensitive to parasitic transverse magnetic ("TM") EM fields associated with borehole modes, and which have radial (E_r) and axial (E_z) electric fields and azimuthal magnetic fields (B_ϕ).

Recent publications in the field of well logging have described the implementation of tools with triaxial coils. Such coil configurations involve three coils with magnetic moments that are not co-planar. U.S. Pat. Nos. 5,508,616, 5,115,198, 5,757,191 and PCT Application WO 98/00733, Bear et al., describe logging tools employing such coil configurations. Common to these apparatus and techniques, however, is the need to manipulate the antenna coil itself. None of these disclosures address the implementation of antenna shields as alternative means to achieve selective EM energy attenuation.

It is desirable to rotate the axis of the magnetic dipole of a transmitter or receiver coil without having to tilt the axis of the coil in relation to the tool axis. The benefits of such a technique include reductions in manufacturing and re-tooling costs, as well as shorter production times. Still further, it is desired to implement a shield apparatus that can be used in conjunction with tilted and non-tilted coils to rotate the axis of the magnetic dipole.

09452660-12019

39

2. SUMMARY OF THE INVENTION

A shield apparatus adapted for use in conjunction with a well tool is provided to selectively attenuate one or more electromagnetic energy field components as the components interact with the shield.

5 In a first aspect of the invention, a shield containing a sloped slot pattern is provided to surround a coil. The shield attenuates selected electromagnetic energy field components as they interact with the shield to pass the desired components and restrict unwanted components.

10 In a second aspect of the invention, a strip is provided to surround a coil. The strip contains conductive elements configured in a sloped pattern. The strip thereby attenuates selected electromagnetic energy field components as they interact with the shield to pass the desired components and restrict unwanted components.

In a third aspect of the invention, a method for rotating the axis of the magnetic dipole of a transmitter or receiver coil is provided.

15 In a fourth aspect of the invention, a method for winding and shielding an electric coil is provided. The resulting coil emits or receives selected electromagnetic energy field components.

3. BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

20 Other aspects and advantages of the invention will become apparent upon reading the following detailed description and upon reference to the drawings in which:

Figure 1a is a schematic diagram of a conventional cylindrical shield with axial slots. Directed arrows are representative of the interaction between the shield and the electric field components of incident electromagnetic energy.

25 Figure 1b is a schematic diagram of a conventional cylindrical shield with axial slots. Directed arrows are representative of the interaction between the shield and the magnetic field components of incident electromagnetic energy.

30 Figure 2 is a schematic diagram of a coil wound at an angle θ to the longitudinal axis of well tool. Also depicted is a view of the tilted coil as projected onto a two-dimensional surface.

09452660-120199

07

Figure 3 is a schematic diagram of a sloped slot pattern superimposed onto a tilted coil and projected onto a two-dimensional surface. The slots are maintained perpendicular to the coil winding(s).

5 Figure 4 is a schematic diagram of a sloped slot pattern superimposed onto a non-tilted (axial) coil and projected onto a two-dimensional surface.

Figure 5 is a schematic diagram of the sloped slot pattern of Figure 4 with the slots maintained centered over the coil winding(s).

Figure 6 is a perspective view of a cylindrical shield in accord with the present invention.

10 Figure 7a is a schematic diagram of a cylindrical shield in accord with the invention. Dashed arrows represent the axial magnetic dipole and transverse magnetic dipole components associated with the slot pattern of the shield.

Figure 7b is an overhead cross-section of a tool with the shield of Figure 7a as seen along line A-A when the tool is in a borehole.

15 Figure 8 is a schematic diagram of a shield composed of a strip in accord with the present invention. The strip is shown projected onto a two-dimensional surface.

Figure 9 is a schematic diagram representative of a set of transverse magnetic moments oriented about a longitudinal axis.

20 Figure 10 is an unwrapped view of a shield composed of a strip containing multiple conductive elements in accord with the present invention.

Figure 11 is a diagram of the shield of Figure 10 superimposed over the windings of a tilted coil in accord with the present invention.

4. DESCRIPTION OF ILLUSTRATIVE EMBODIMENTS

25 In the interest of clarity, not all features of actual implementation are described in this specification. It will be appreciated that although the development of any such actual implementation might be complex and time-consuming, it would nevertheless be a routine undertaking for those of ordinary skill in the art having the benefit of this disclosure.

09452660-12019

As discussed above, conventional shields used in well tools universally have slots that are aligned along the longitudinal axis of the tool. The orientation of the slots is perpendicular to the electric field generated by the coil within or the field that is to be detected by the receiver. If the incident field has an unwanted component of the electric field that lies along the slot, then currents will flow in the metal to cancel that field and only the normal component will remain. For conventional induction or propagation tools, the desired electric field is azimuthal, and longitudinal slots allow that field to pass. If the coil was wound at an angle θ to the axis of the tool, then the desired electric field is no longer azimuthal, but rather has both azimuthal and longitudinal components that vary as a function of the azimuthal position.

Figure 2 illustrates a coil 14 wound at an angle θ to the longitudinal axis (represented by dashed lines) of the tool and having radius a . Projecting the coil 14 onto a two-dimensional surface as shown, the height of the coil 14 is described by a sinusoidal function of the azimuthal angle around the tool ϕ :

$$f(\phi) = a \tan \theta \cos \phi. \quad (1)$$

An actual coil would probably have multiple windings, described by equation (1), but with an additional term $p\phi$, where p is the pitch. Effective shields for such coil configurations should preserve both the mechanical advantages and the EM advantages offered by conventional shields.

4.1 Sloped Slot Pattern

A shield to let pass the desired EM field components, and attenuate the undesired ones, should have at least one sloped slot that is sloped at an angle θ with respect to the tool axis. A sloped slot pattern for a tilted coil 14, projected onto a two-dimensional surface, is shown in Figure 3. The slots 12' are perpendicular to the coil 14 at the intersection of the slot 12' and coil 14. This allows the electric field component that is parallel to the coil 14 to pass through the shield with minimal attenuation. This electric field will have azimuthal and axial components, but no radial component. The slope of the slot 12' is given by

$$1/(a \tan \theta \sin \phi). \quad (2)$$

Alternatively, one can represent the slots 12' as point magnetic dipoles on the surface of a conducting cylinder (not shown). The location of each magnetic dipole is given by equation (1), and their orientation is given by equation (2). Each individual magnetic dipole has an axial component and a smaller azimuthal component.

While the above discussion has assumed that the coil under the shield is tilted at an angle θ with respect to the tool axis, the shields 10 of the present invention can also be used with an axial coil 14. With this configuration, the axis of the magnetic dipole of the coil can be selectively rotated. Figure 4 illustrates a sloped slot 12' pattern superimposed onto an axial coil 14 and projected onto a two-dimensional surface. This configuration will deviate from the configuration of Figure 3.

As shown in Figure 4, the slots 12' are no longer perpendicular to the coil 14 windings. This may affect the relative strength of the transverse magnetic dipole ("TMD") component to the axial magnetic dipole component. One approach to minimize these effects would be to maintain the slots 12' centered over the coil 14, as shown in Figure 5. Figure 5 also shows a sloped slot 12' pattern superimposed onto an axial coil 14 and projected onto a two-dimensional surface. Although the coil 14 in Figure 4 is shown comprising multiple windings, it will be understood by those skilled in the art that the shields of the present invention are effective with coils 14 composed of one or more windings.

While Figures 3-5 show straight slots 12', in general the slots 12' are curved in order to maintain the direction of the slots 12' perpendicular to the directions of the winding(s) or to keep them perpendicular to the desired direction of the electric field that is to pass through the shield without attenuation.

Surrounding an axial coil 14 with a shield of the present invention will produce transverse magnetic fields. Only the component of the electric field perpendicular to the slot 12' will pass through the shield; the components parallel to the slot 12' will be attenuated. The electric field that passes through the slots 12' is in the direction that would result from a true tilted coil. Basically, the shield functions as a polarizer that

passes components of the EM field corresponding to a magnetic dipole oriented at an angle tilted relative to the tool axis.

Figure 6 shows an embodiment of a shield 10 of the present invention. One embodiment of the shield 10 entails a hollow body 16 formed of a conductive material, typically metal. The shield 10 has apertures 18 at its ends through which the tool body (not shown) passes. Typical well tools contain an elongated metallic pipe as a central support means upon which sensors, electronics, and other instrumentation are mounted. It will be understood that other support means, such as coiled tubing or non-metallic pipes, may be used to implement the present invention, as the precise type of support means is immaterial here. The hollow body 16 may be open-ended or closed-ended. The body 16 is generally formed in the shape of a surface of revolution. A cylinder is preferred, although other shapes, such as an ellipsoid of revolution may be employed. Preferably, a shield 10 will independently surround each coil on the well tool. The shield 10 may be mounted on the well tool in a suitable manner as known in the art.

The EM radiation pattern around a logging tool may be affected by the tool itself, so optimum shield 10 operation may require fine tuning the exact slot 12' pattern. Modeling shows that borehole eccentricity can have a large deleterious effect on a measurement using TMDs. Eccentered TMDs can couple directly into TM borehole modes via the TM mode's azimuthal magnetic field (B_ϕ). Since a tilted coil 14 can be represented as a vector sum of an axial magnetic dipole and a transverse magnetic dipole, it will also be susceptible to large eccentricity effects.

However, the shield 10 configurations of the present invention will provide some immunity to the TM mode, so the eccentricity effects may be reduced in severity. Figure 7a shows the axial magnetic dipole component B_z and the transverse magnetic dipole component B_T associated with each slot 12'. As shown in Figure 7a, the slot 12' pattern provides for some cancellation of opposing transverse magnetic dipole components B_T .

Figure 7b is an overhead view of a tool with the shield of Figure 7a as seen along line A-A when the tool is in a borehole. As shown in Figure 7b, the TM mode's azimuthal magnetic field (B_ϕ) may couple to the transverse magnetic dipole components

B_r of the slots 12'. The TM mode's radial electric field (E_r) will not penetrate the shield 10, so the coil 14 will not sense this.

The transverse magnetic dipoles vary with azimuth ϕ as $\sin\phi$. The TM mode's magnetic field may be written as

$$B_\phi(\phi) = B_0 + B_1 \sin\phi + B_2 \sin 2\phi + \dots \quad (3)$$

The field B_0 will not be detected by the coil 14 because B_0 is an even function of ϕ , while the transverse magnetic dipoles are an odd function of ϕ . The same is true for $B_2 \sin 2\phi$. However, $B_1 \sin\phi$ is an odd function of ϕ , so it will be detected by the coil 14. Assuming that the conductivity of the tool is many orders of magnitude larger than the borehole fluid or the formation, the azimuthal magnetic field (B_ϕ) will not vary much with azimuth ϕ . Hence, $B_0 \gg B_1, B_2$, so that the TM coupling to the slots 12' will be very small on average.

Modifications may be made to the shield 10 or the coil 14 to alter the azimuthal amplitude of incident EM energy or the angle of rotation of the magnetic dipole. Multiple shields 10 may be overlaid coaxially around a coil 14. Combinations of sloped and axial slots of varying length, width, thickness, orientation, symmetry, density, or spacing may be formed on a shield 10. The sloped slots 12' may have equal or varied slope angles. The slots 12' may be partially or entirely filled with some sort of lossy (i.e., conductive) material. A conductive element, such as a metallic strap or wire, may be connected between the sides of a slot 12' to partially short out the slot 12'.

A shield 10 of the invention may also be formed comprising two halves or several sections configured to form a surface of revolution when combined (not shown). Such a configuration may further comprise one section or one half of the shield 10 being electrically isolated from the other half or other sections. The spacing between the coil and its support means or the spacing between the coil and the shield 10 may also be varied. It will be appreciated by those skilled in the art having the benefit of this disclosure that other modifications may be employed to increase the efficiency of the shield 10.

4.2 Strip Shield

Figure 8 illustrates another embodiment of the present invention. A shield may be implemented in the form of a strip 20, also referred to as a flex circuit. The strip 20 is shown projected onto a two-dimensional surface for clarity of illustration. An effective strip 20 may be formed of any suitable non-conductive material that can be adapted to coaxially surround a coil. The strip 20 is preferably flexible, but it may also be formed of a rigid material. The strip 20 contains at least one conductive element 22, preferably a multitude of elements 22. The conductive elements 22 may be formed of fine strips of copper or other suitable conductive materials.

As described above, a shield incorporating sloped slots may be used to rotate the magnetic moment of a coil 14. Thus, the conductive elements 22 are disposed in the strip 20 such that each element 22 is sloped at an angle with respect to the tool axis when the strip is mounted on the tool to surround a coil. Since the strip 20 is non-conductive (unlike the shield embodiments described above), the elements 22 must also be configured to form a loop around the coil when the strip surrounds the coil. The loop provides the path in which currents can flow around the coil in order to rotate the axis of the magnetic dipole. The strip 20 provides selective attenuation of the EM energy emitted or received by a coil when a complete loop is formed around the coil by the conductive element 22.

A switchable connection is provided in the strip 20 to selectively open or close the loops formed by the conductive elements 22, as illustrated in Figure 8. This connection may be a series of connections or only one connection. The connection(s) may also be located at any suitable point in the circuit. When the connection is closed, the element 22 acts to rotate the magnetic dipole of the coil. When it is open, it has no effect. One form of a switchable connection utilizes a MosFET switch to open or close the current path around the coil. Other suitable means may be utilized to form the switchable connection(s) as known in the art. The strip 20 may also comprise additional switching means (not shown) to provide an electrical short with the mandrel of a well tool if needed.

The modifications described above may also be made to the strip 20 or the coil to alter the azimuthal amplitude of incident EM energy or the angle of rotation of the magnetic dipole. Multiple layers of conductive elements 22 having different directions of magnetic dipole moments may also be disposed on the strip 20. This would allow the use of a single axial coil 14 as a transmitter or receiver and by closing the switchable connection(s) on the strip 20, different rotations of the magnetic moment could be achieved. Alternatively, multiple strips 20 could be overlaid coaxially to surround a coil.

4.3 Transverse Magnetic Dipoles

By altering the direction of the magnetic dipole, a coil can be used to make formation measurements at multiple orientations. This section describes a method for winding and shielding a coil structure to produce a set of TMDs in accord with the present invention.

By superimposing or overlaying three coils around a non-conductive support means and wrapping the coils with one or more strips 20, a set of transverse dipoles may be produced. Figure 9 illustrates a set of magnetic moments directed along three orthogonal directions at an equal angle to the longitudinal axis of the tool. With this configuration, the three coils and their corresponding strip(s) 20 can be turned on or off independently. This allows for any one coil and polarizer pair to be engaged, while the other two sets are disengaged.

The construction of a coil and polarizer strip 20 for the simplest case (which would be just one coil and its corresponding polarizer) will now be described. The coil may be wound around a non-conductive support means (such as an insulated tool mandrel) from any suitable conductive wire as known in the art. Referring to Figure 2, to produce a magnetic dipole at some angle Φ between 0° and 90° , the location of the center of the thread should follow

$$Z(\phi) = -a \tan \Phi \cos \phi + p \phi, \quad (4)$$

where a is the radius of the support means, ϕ is the azimuthal angle, and p is the pitch.

The wire is preferably wound closely packed so that the thread depth and width are on the order of the wire diameter d and $a \gg p \geq d$.

The polarizer strip 20 is constructed so that the conductive elements 22 are everywhere perpendicular to the current in the coil windings. Figure 10 shows an embodiment of a strip 20 containing conductive elements 22 in accord with the invention. The conductive elements may be embedded, glued, or affixed to the strip in any suitable manner as known in the art. The functional form $f(\phi')$ of these conductive elements 22 is derived by

$$f(\phi') = \int \frac{-1}{\frac{dx}{d\phi}} d\phi', \quad (5)$$

where

$$\frac{dx}{d\phi} = -a \tan \theta \sin \phi', \quad (6)$$

evaluated at $\phi = \phi'$. Therefore,

$$f(\phi) = \int \frac{1}{\beta \sin \phi} = \frac{1}{2\beta} \ln \left(\frac{1 + \cos \phi}{1 - \cos \phi} \right), \quad (7)$$

where $\beta = a \tan \Phi$.

In addition to providing selective attenuation of EM energy components, the polarizer strip 20 acts as a Faraday shield to reduce capacitive coupling between coils, without attenuating the desired components of the magnetic field. The behavior as a Faraday shield is comparable to the behavior of conventional shields used on present generation induction or propagation tools. Figure 11 shows the strip 20 of Figure 10 superimposed over the windings 24 of a tilted coil. As shown in Figure 11, the conductive elements 22 are everywhere perpendicular to the coil windings. Although Figure 11 shows the superposition of a strip 20 over a coil 14, the same pattern applies to the superposition of a cylindrical shield 10 with sloped slots 12' over a coil 14. The simplified coil and strip 20 described above can be overlaid to create a set of basis magnetic dipoles. These can be used to construct a coil structure that provides selective three-dimensional measurement capability.

While the methods and apparatus of this invention have been described as specific embodiments, it will be apparent to those skilled in the art that variations may be applied to the structures and in the steps or in the sequence of steps of the methods described herein without departing from the concept and scope of the invention. All such similar variations apparent to those skilled in the art are deemed to be within this concept and scope of the invention as defined by the appended claims.

09452660.120199

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A shield apparatus for use in conjunction with a well tool, the tool having a longitudinal support means and at least one coil mounted thereon, the coil being adapted to transmit or receive electromagnetic energy including azimuthal, axial, or radial field

components, the apparatus comprising:

a hollow body adapted to coaxially surround the coil, the body being formed of an electrically conductive material and having at least one sloped slot therein, each at least one sloped slot being sloped at an angle with respect to the longitudinal axis of the support means to provide selective attenuation of at least one of the field components as the component interacts with the shield.

2. The shield apparatus of claim 1, wherein at least one slot is sloped such that the slot is perpendicular to the coil at the intersection of the slot and coil.

3. The shield apparatus of claim 1, wherein at least one slot is sloped such that the slot is centered over the coil at the intersection of the slot and coil.

4. The shield apparatus of claim 1, wherein at least one slot is sloped at an angle such that at least one field component of the transmitted or received electromagnetic energy is allowed to pass through the shield with minimal attenuation.

5. The shield apparatus of claim 1, wherein at least one slot is sloped at an angle such that a combined axial and azimuthal magnetic field component of the transmitted or received electromagnetic energy is allowed to pass through the shield with minimal attenuation.

6. The shield apparatus of claim 1, wherein at least one slot is sloped at an angle such that the azimuthal electric field component of the transmitted or received electromagnetic energy is allowed to pass through the shield with minimal attenuation.

while the axial or radial electric field component is attenuated to restrict its passage through the shield.

5 7. The shield apparatus of claim 1, wherein at least one sloped slot is filled with a lossy material.

8. The shield apparatus of claim 1, further comprising a conductive element connected between the sides of at least one sloped slot.

10 9. The shield apparatus of claim 1, the body further comprising at least one longitudinal slot therein, each at least one longitudinal slot being in alignment with the longitudinal axis of the support means.

15 10. The shield apparatus of claim 9, wherein at least one longitudinal slot is filled with a lossy material.

11. The shield apparatus of claim 9, further comprising a conductive element connected between the sides of at least one longitudinal slot.

20 12. The shield apparatus of claim 1, wherein the body comprises multiple sloped slots therein, each slot being sloped at an angle with respect to the longitudinal axis of the support means.

25 13. The shield apparatus of claim 12, wherein each slot has an equal slope angle with respect to the longitudinal axis of support means.

14. The shield apparatus of claim 12, wherein the multiple sloped slots are asymmetrically spaced on the body.

15. The shield apparatus of claim 12, wherein the multiple sloped slots are symmetrically spaced on the body.

16. The shield apparatus of claim 12, wherein the multiple sloped slots are asymmetrically oriented on the body.

17. The shield apparatus of claim 12, the body further comprising multiple longitudinal slots therein, each longitudinal slot being in alignment with the longitudinal axis of the support means.

18. The shield apparatus of claim 17, wherein the multiple longitudinal slots are asymmetrically spaced on the body.

19. The shield apparatus of claim 17, wherein the multiple longitudinal slots are symmetrically spaced on the body.

20. The shield apparatus of claim 17, wherein the multiple sloped slots or the multiple longitudinal slots have varying lengths along the body.

21. A shield apparatus for use in conjunction with a well tool, the tool having a longitudinal support means and at least one coil mounted thereon, the coil being adapted to transmit or receive electromagnetic energy including azimuthal, axial, or radial field components, the apparatus comprising:

a flexible strip adapted to surround the coil, the strip being formed of a non-conductive material;

at least one conductive element disposed on the strip, the element configured to form an open loop around the coil when the strip surrounds the coil;

switching means connected to at least one conductive element, the switching means being operative to provide selective closure of the open loop to form a closed loop; and

whereby the closed loop provides selective attenuation of at least one of the field components as the component interacts with the shield.

22. The shield apparatus of claim 21, wherein at least one conductive element is disposed on the strip such that the element is centered over the coil when the strip surrounds the coil.

23. The shield apparatus of claim 21, wherein at least one conductive element is disposed on the strip such that the element is perpendicular to the coil when the strip surrounds the coil.

24. The shield apparatus of claim 21, wherein the strip comprises multiple conductive elements disposed therein.

25. The shield apparatus of claim 21, wherein at least one conductive element is disposed on the strip such that the element is sloped at an angle with respect to the longitudinal axis of the support means when the strip surrounds the coil.

26. The shield apparatus of claim 25, wherein at least one conductive element is sloped at an angle such that at least one field component of the transmitted or received electromagnetic energy is allowed to pass through the strip with minimal attenuation when the strip surrounds the coil.

27. The shield apparatus of claim 25, wherein at least one conductive element is sloped at an angle such that a combined axial and azimuthal magnetic field component of the transmitted or received electromagnetic energy is allowed to pass through the strip with minimal attenuation when the strip surrounds the coil.

28. The shield apparatus of claim 25, wherein at least one conductive element is sloped at an angle such that the azimuthal electric field component of the transmitted or

53

received electromagnetic energy is allowed to pass through the strip with minimal attenuation while the axial or radial electric field component is attenuated to restrict its passage through the strip when the strip surrounds the coil.

9 29. The shield apparatus of claim 21, the strip further comprising at least one conductive element disposed therein such that the element is aligned with the longitudinal axis of the support means when the strip surrounds the coil.

10 30. The shield apparatus of claim 21, wherein the strip comprises multiple conductive elements disposed therein such that each element is sloped at an angle with respect to the longitudinal axis of the support means when the strip surrounds the coil.

15 31. The shield apparatus of claim 30, wherein each element has an equal slope angle with respect to the longitudinal axis of the support means when the strip surrounds the coil.

32. The shield apparatus of claim 30, wherein the multiple sloped elements are asymmetrically spaced on the strip.

20 33. The shield apparatus of claim 30, wherein the multiple sloped elements are symmetrically spaced on the strip.

34. The shield apparatus of claim 30, wherein the multiple sloped elements are asymmetrically oriented on the strip.

25 35. The shield apparatus of claim 21, the strip further comprising multiple conductive elements disposed therein such that each element is aligned with the longitudinal axis of the support means when the strip surrounds the coil.

09452660-120198

54

36. The shield apparatus of claim 35, wherein the multiple longitudinal elements are asymmetrically spaced on the strip.

37. The shield apparatus of claim 35, wherein the multiple longitudinal elements are symmetrically spaced on the strip.

38. A method for rotating the axis of the magnetic dipole of a transmitting or receiving coil, the coil being adapted to transmit or receive electromagnetic energy including azimuthal, axial, or radial field components, comprising:

surrounding the coil with a shield, the shield having at least one sloped slot or sloped conductive element therein, each at least one sloped slot or sloped conductive element being sloped at an angle with respect to the axis of the coil to provide selective attenuation of at least one electromagnetic energy field component as the component interacts with the shield.

39. The method of claim 38, further comprising overlaying multiple shields around the coil, each shield comprising at least one slot or conductive element therein.

40. A method for winding and shielding an electric coil, whereby the coil emits or receives selected electromagnetic energy field components, comprising:

- a) winding a first conductive wire around a non-conductive support means such that each turn of the windings is not perpendicular to the longitudinal axis of the support means;
- b) advancing the first wire around the body to form at least one layer of windings; and
- c) wrapping the windings with a flexible strip adapted to provide selective attenuation of the emitted or received electromagnetic energy field components.

61021-09925460

41. The method of claim 40, wherein a second conductive wire is wound around the non-conductive support means such that the turns of the winding are neither perpendicular to the longitudinal axis of the support means nor parallel to the turns of the first wire, and advancing the second wire around the support means to form at least one layer of windings.

42. The method of claim 41, further comprising wrapping the windings of the second wire with a flexible strip adapted to provide selective attenuation of the emitted or received electromagnetic energy.

43. The method of claim 41, wherein a third conductive wire is wound around the non-conductive support means such that the turns of the winding are neither perpendicular to the longitudinal axis of the support means nor parallel to the turns of the first or second wire, and advancing the third wire around the support means to form at least one layer of windings.

44. The method of claim 43, further comprising wrapping the windings of the third wire with a flexible strip adapted to provide selective attenuation of the emitted or received electromagnetic energy.

ABSTRACT

A shield apparatus for use in conjunction with a well tool to selectively attenuate one or more electromagnetic energy field components as the components interact with the shield. The shield composed of a flexible strip or conductive body and comprising at least one sloped slot or sloped conductive element therein. The shield being adapted to surround an antenna mounted on a well tool. A method for rotating the axis of the magnetic dipole of a transmitter or receiver coil. A method for winding and shielding an electric coil such that the resultant coil emits or receives selected electromagnetic energy field components.

09452660-120199

5

DECLARATION FOR PATENT APPLICATION AND POWER OF ATTORNEY

As a below named inventor, I hereby declare that:

My residence, post office address and citizenship are as stated below next to my name, and

I believe I am the original, first and sole inventor (if only one name is listed below) or an original, first and joint inventor (if plural names are listed below) of the subject matter which is claimed and for which a patent is sought on the invention entitled:

SHIELD APPARATUS FOR USE IN CONJUNCTION WITH A WELL TOOL

the specification of which

☒ is attached hereto.

☐ was filed on _____
as United States Application Number or PCT International Application Number

and was amended on (if applicable) _____

I hereby state that I have reviewed and understand the contents of the above identified specification, including the claims, as amended by any amendment referred to above.

I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in 37 CFR §1.56.

I hereby claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. §119(a)-(d) or §365(b) of any foreign application(s) for patent or inventor's certificate, or §365(a) of any PCT International application which designated at least one country other than the United States, listed below and have also identified below, by checking the box, any foreign application for patent or inventor's certificate, or PCT International Application having a filing date before that of the application on which priority is claimed.

Prior Foreign Application(s)		Priority Claimed	
_____ (Number)	_____ (Country)	/ / / D/M/YR FILED	☐ YES ☐ NO
_____ (Number)	_____ (Country)	/ / / D/M/YR FILED	☐ YES ☐ NO
_____ (Number)	_____ (Country)	/ / / D/M/YR FILED	☐ YES ☐ NO

09452660-120109

85

I hereby claim the benefit under 35 U.S.C. §119(e) of any United States provisional application(s) listed below:

Application No.	Filing Date
-----------------	-------------

Application No.	Filing Date
-----------------	-------------

I hereby claim the benefit under 35 U.S.C. §120 of any United States application(s), or §365(c) of any PCT International application designating the United States, listed below and, insofar as the subject matter of each of the claims of this application is not disclosed in the prior United States or PCT International application in the manner provided by the first paragraph of 35 U.S.C. §112, I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in 37 CFR §1.56 which became available between the filing date of the prior application and the national or PCT International filing date of this application.

Application Serial No.	Filing Date	Status-patented, pending, abandoned
------------------------	-------------	-------------------------------------

Application Serial No.	Filing Date	Status-patented, pending, abandoned
------------------------	-------------	-------------------------------------

As a named inventor, I hereby appoint the following attorney(s) and/or agent(s) to prosecute this application and transact all business in the Patent and Trademark Office connected therewith.

John J. Ryberg, #31,134; Brigitte L. Jeffery, #38,925; Steven L. Christian, #38,106 and Victor H. Segura, #44,329.

I hereby request that all correspondence, notices, official letters and other communication be directed to Schlumberger Oilfield Services, ATTN: IP Counsel, 200 Gillingham Lane, Mail Drop 200-9, Sugar Land, Texas 77478; and that all telephone calls be directed to: Mr. Victor Segura (281) 285-4562.

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true, and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issued thereon.

0452660-120199

65

SOLE OR FIRST INVENTOR

Signature B. C. Date 12/1/99

Full Name Brian Clark

Residence 86 Greenward Lane, Sugar Land, Texas 77479, USA

Citizenship United States of America

Post Office Address 86 Greenward Lane, Sugar Land, Texas 77479, USA

09452660-120199

GP

SECOND INVENTOR

Signature *Richard A. Rosthal* Date 1-Dec-1999

Full Name Richard A. Rosthal

Residence 14735 Kellywood Lane, Houston, Texas 77079, USA

Citizenship United States of America

Post Office Address 14735 Kellywood Lane, Houston, Texas 77079, USA

09452660-120199

THIRD INVENTOR

Signature Dean M. Homan Date 12/1/99

Full Name Dean M. Homan

Residence 16503 Ember Hollow, Sugar Land, Texas 77478, USA

Citizenship United States of America

Post Office Address 16503 Ember Hollow, Sugar Land, Texas 77478, USA

09452660-120199

FOURTH INVENTOR

Signature Dimitri Dargatzis Date 12/1/99

Full Name Dimitri Dargatzis

Residence 1800 Austin Parkway, Sugar Land, Texas 77479, USA

Citizenship Canada

Post Office Address 1800 Austin Parkway, Sugar Land, Texas 77479, USA

661021-09925460

69

FIFTH INVENTOR

Signature Stephen D. Bonner Date 12/1/99

Full Name Stephen D. Bonner

Residence 3522 Amphora Circle, Sugar Land, Texas 77479, USA

Citizenship United States of America

Post Office Address 3522 Amphora Circle, Sugar Land, Texas 77479, USA

09452660-120199

64

SIXTH INVENTOR

Signature Scott S. Chessor Date 30-Nov-99

Full Name Scott S. Chessor

Residence 2007 Manor Drive, Richmond, Texas 77469, USA

Citizenship United States of America

Post Office Address 2007 Manor Drive, Richmond, Texas 77469, USA

09452660-120199

65

SEVENTH INVENTOR

Signature Thomas D. Barber Date 12-01-99

Full Name Thomas D. Barber

Residence 6324 Westchester, Houston, Texas 77005, USA

Citizenship United States of America

Post Office Address 6324 Westchester, Houston, Texas 77005, USA

09452660-120199

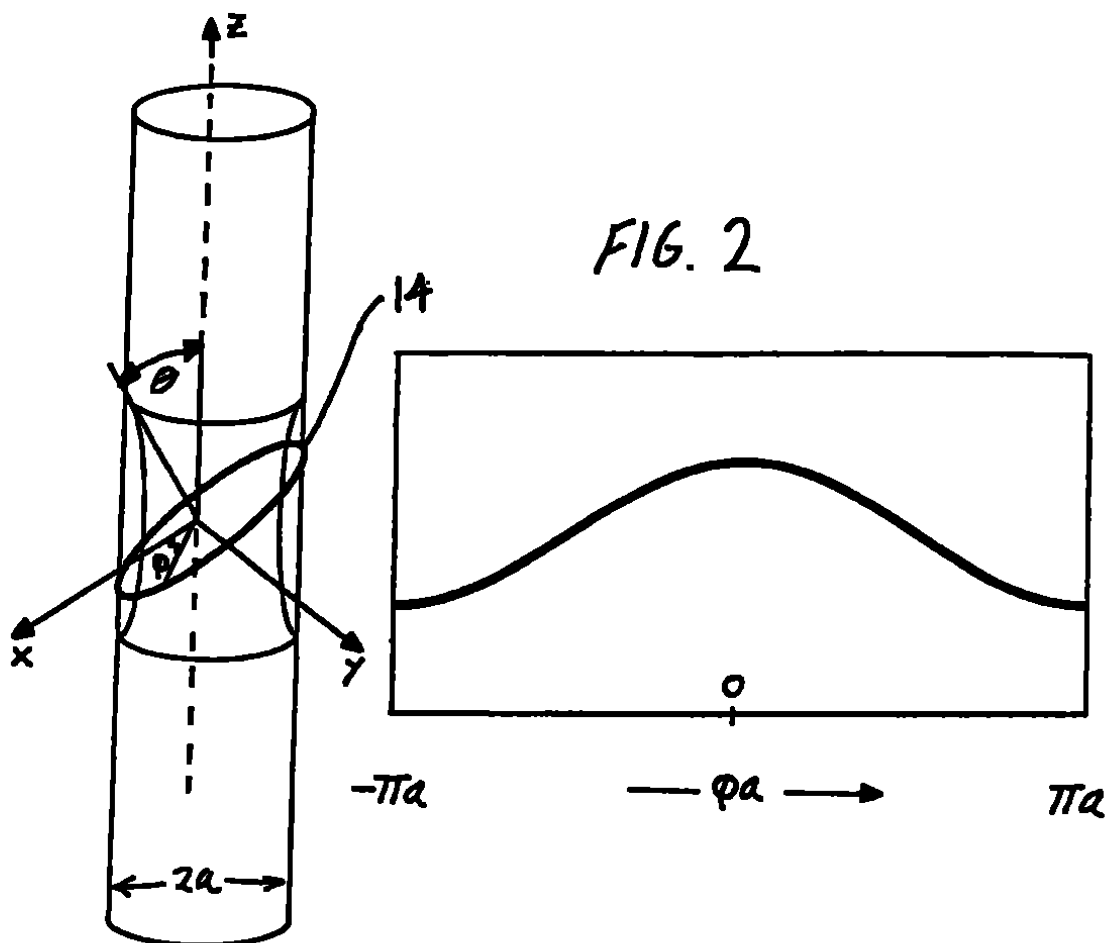


FIG. 1a
(PRIOR ART)

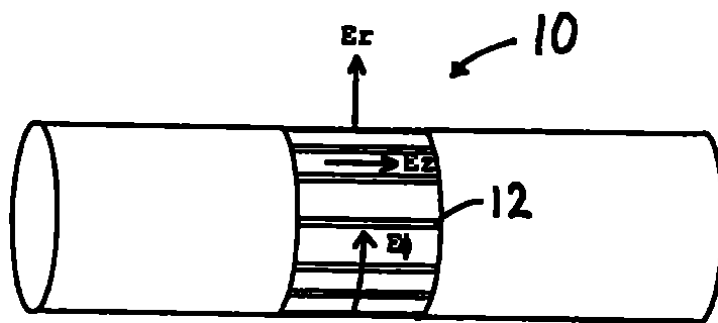
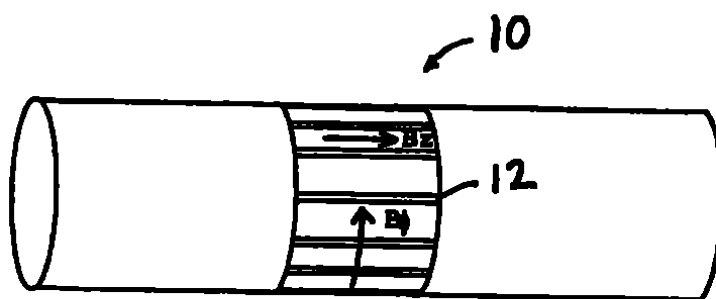


FIG. 1b
(PRIOR ART)



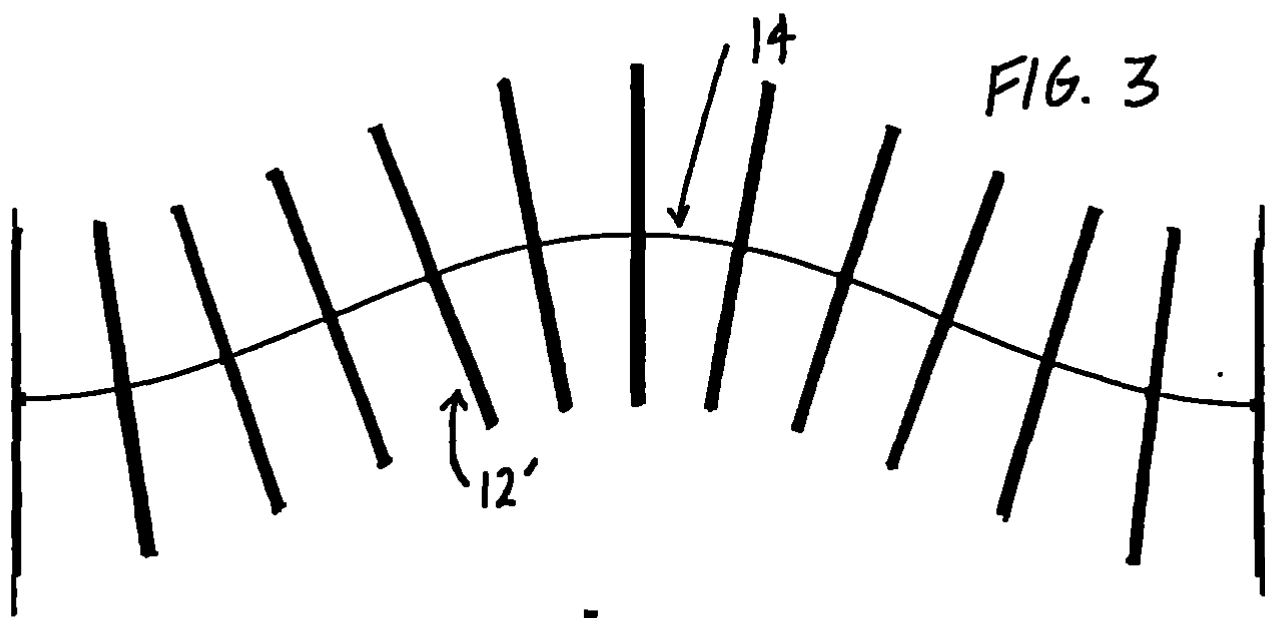


FIG. 3

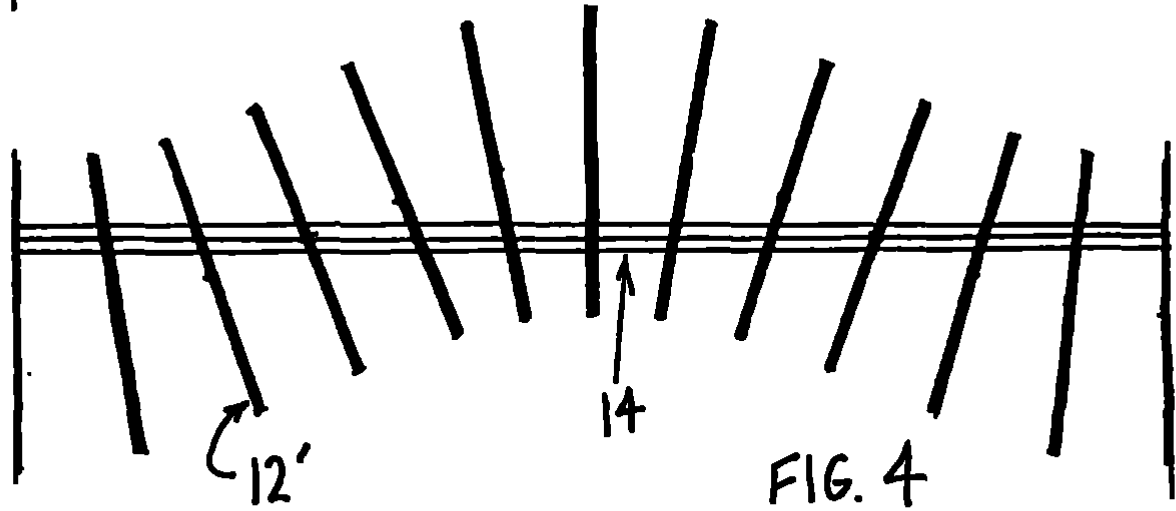


FIG. 4

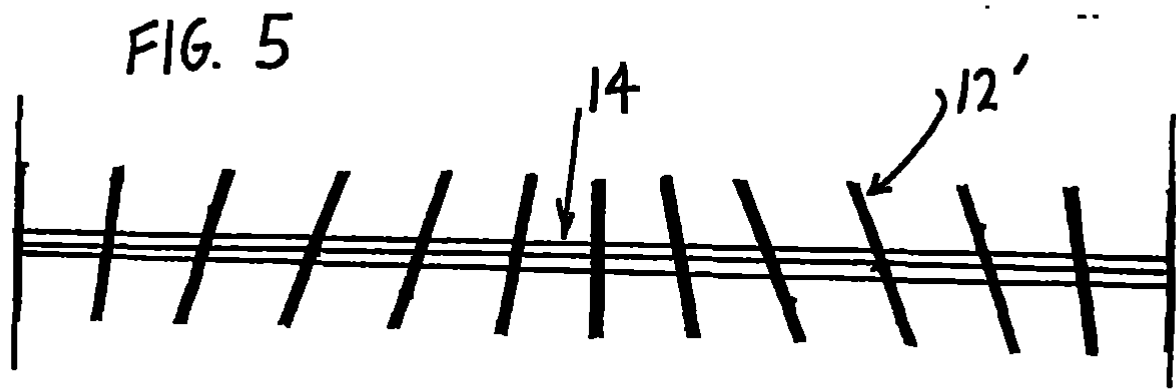


FIG. 5

09452660.120199

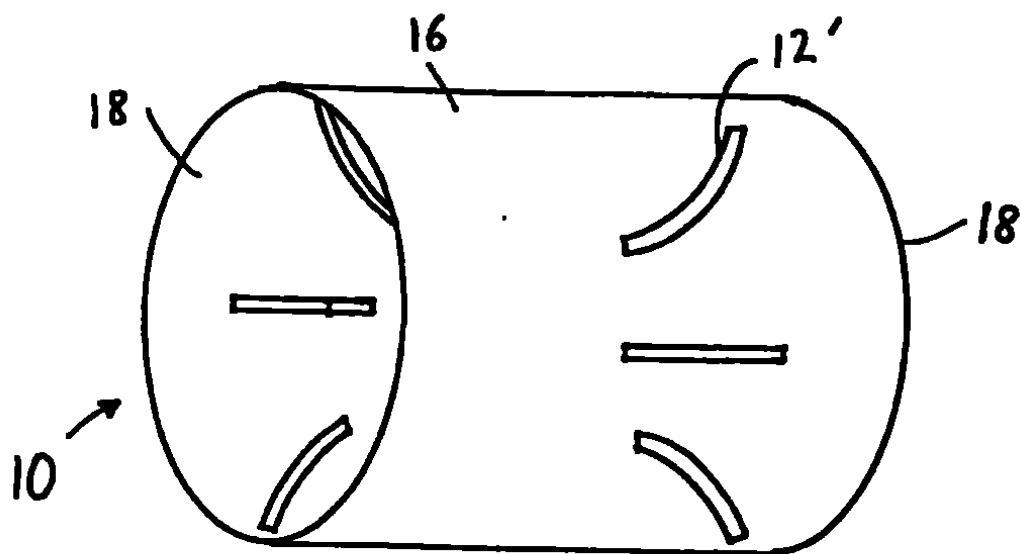


FIG. 6

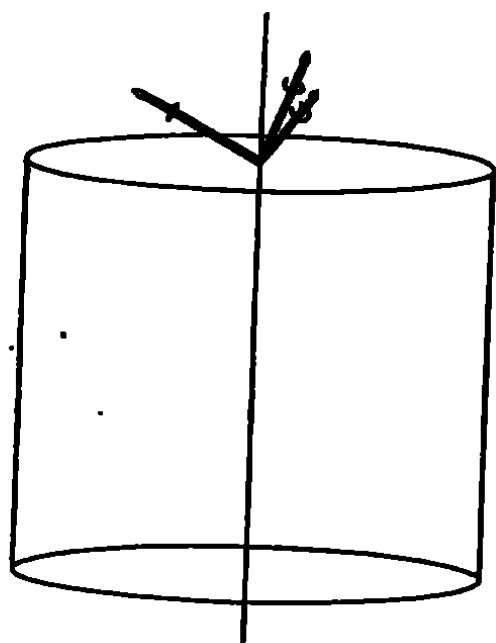
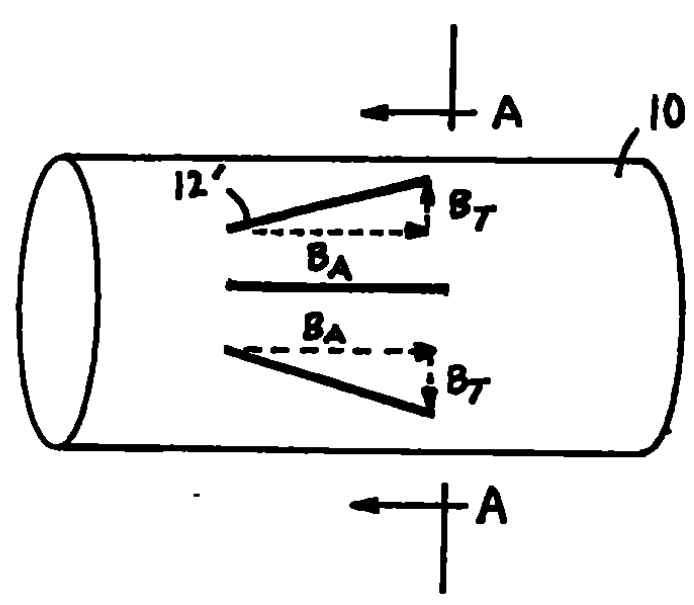
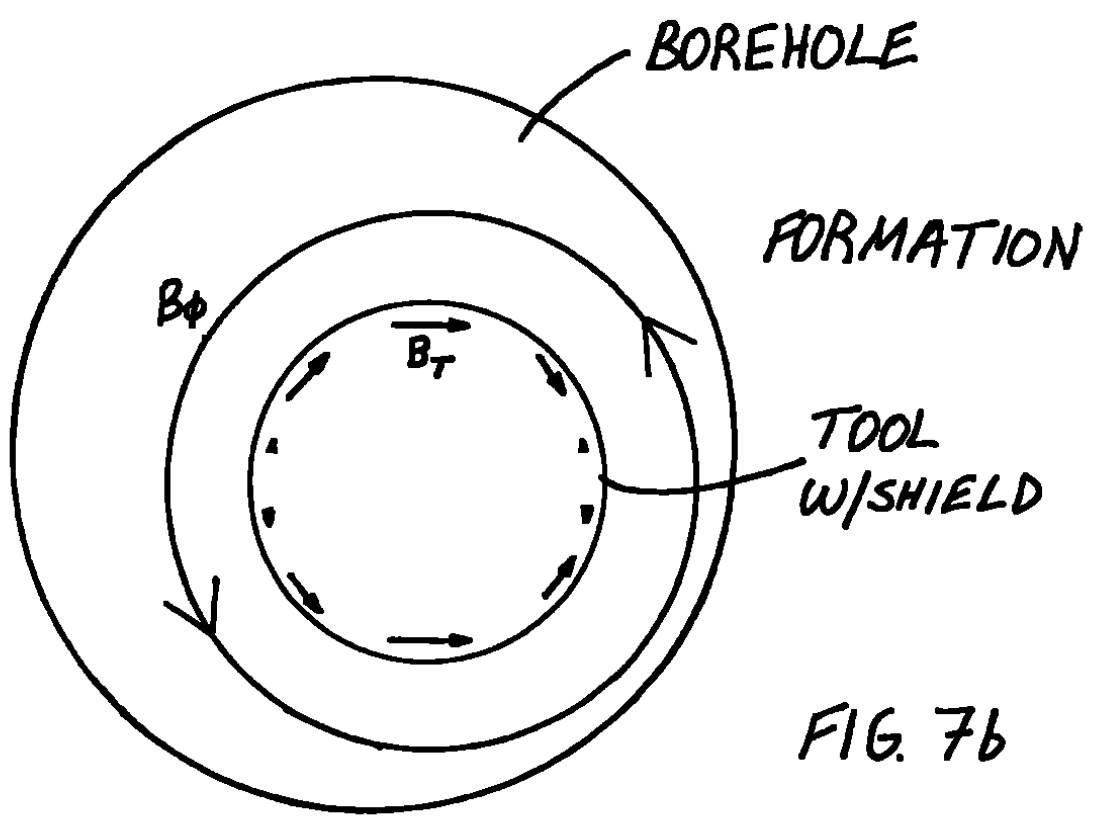


FIG. 9



09452660.120199

66T02T*09925460

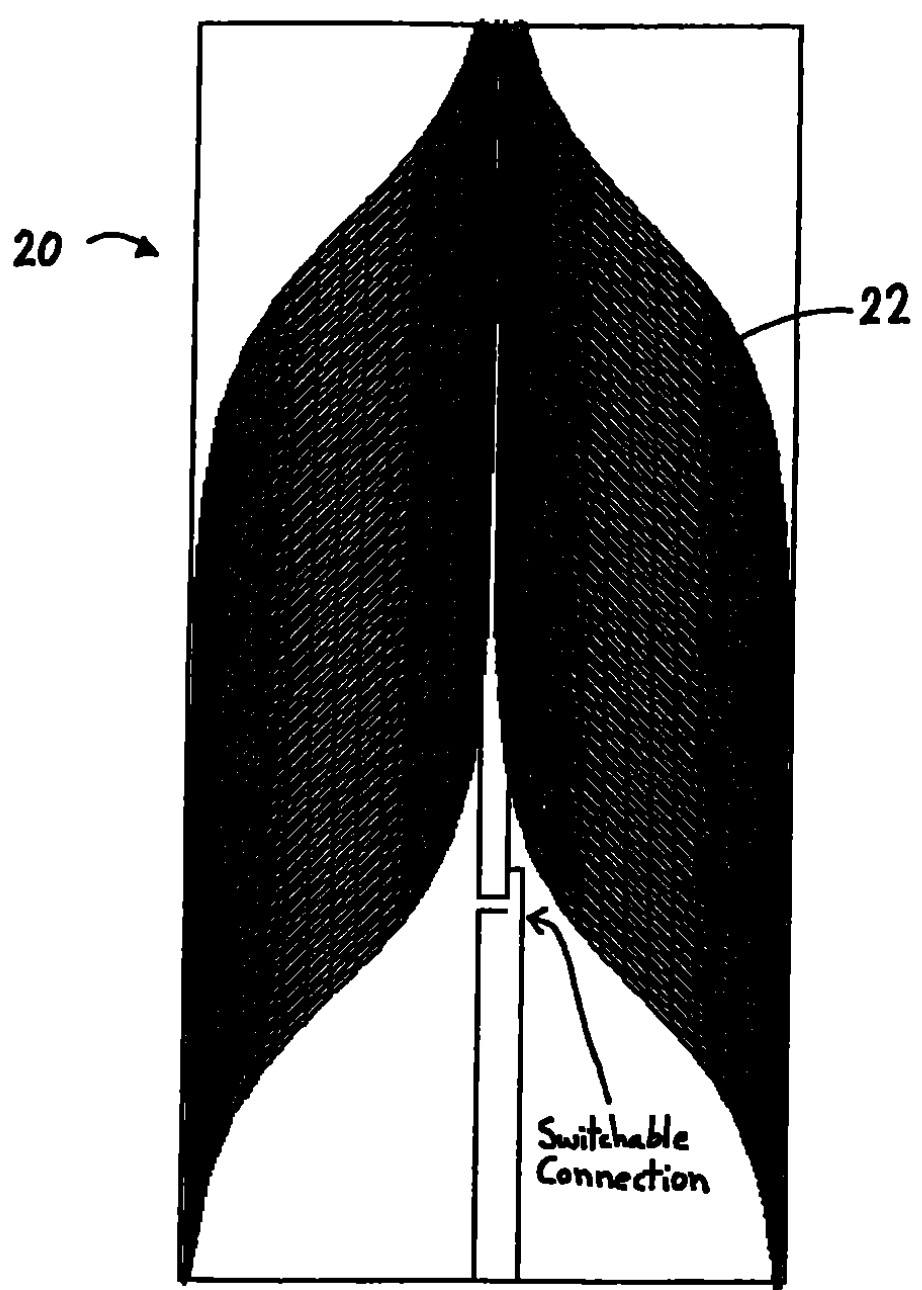
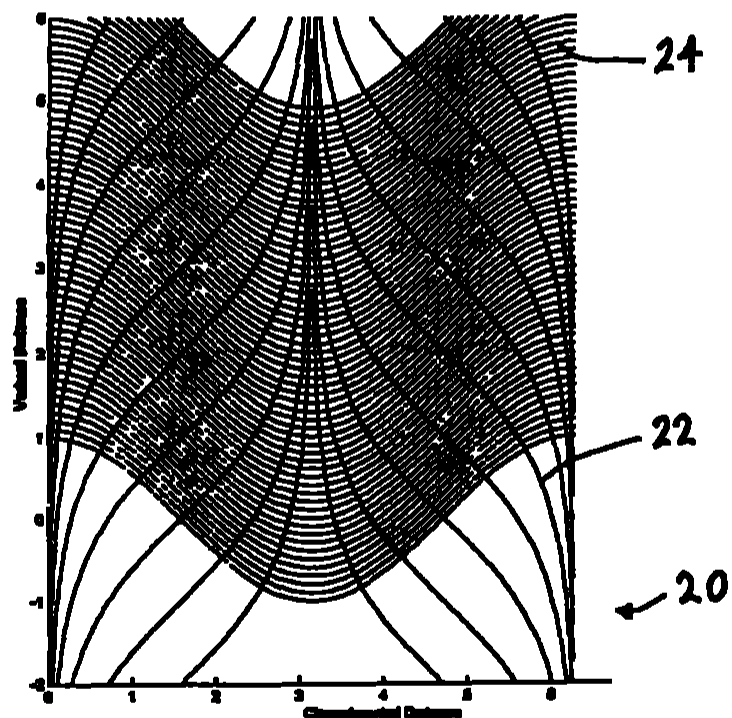
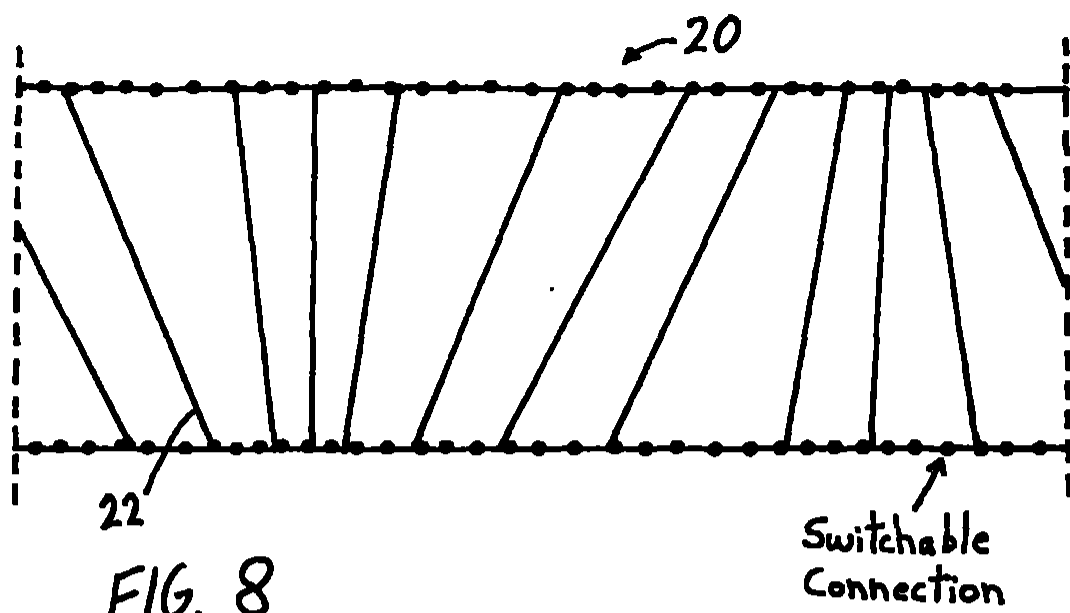


FIG. 10





A TODOS A QUIENES LLEGUE EL PRESENTE:

DEPARTAMENTO DE COMERCIO DE LOS ESTADOS UNIDOS
Oficina de Marcas y Patentes

01 de agosto de 2000.

LA PRESENTE CERTIFICA QUE LA ADJUNTA ES UNA COPIA TOMADA DE LOS REGISTROS DE LA OFICINA DE MARCAS Y PATENTES DE LOS ESTADOS UNIDOS, DE LOS DOCUMENTOS DE LA SOLICITUD DE PATENTE ABAJO IDENTIFICADA Y LA CUAL CUMPLE CON LOS REQUISITOS PARA QUE LE SEA CONFERIDA UNA FECHA DE RADICACIÓN SEGÚN 35 USC 111.

NÚMERO DE SOLICITUD 09/452,660 ✓

FECHA DE RADICACIÓN: 1 diciembre de 2000 ✓

Por Autoridad del
 COMISIONADO DE MARCAS Y PATENTES
 (FIRMA) T. LAWRENCE
 Oficial de Certificaciones

(SELLO DORADO DE OBLEA)

• • • •

23

No. 00043711-5

**Estados Unidos de América
DEPARTAMENTO DE ESTADO**

A todos a Quienes Llegue el Presente, Os Saludo:

Certifico que el documento adjunto se encuentra bajo el sello de la Oficina de Marcas y Patentes del Departamento de Comercio de los Estados Unidos de América y que a dicho sello debe dársele plena fe y crédito.

En Testimonio de lo cual, Yo, Madeleine K. Albright, Secretaria de Estado, he ordenado al Oficial de Autenticaciones suscribir mi nombre y colocar el sello del Departamento de Estado en la Ciudad de Washington, Distrito de Columbia, hoy 11 de agosto de 2000.

**Madeleine K. Albright - Secretaria de Estado
Patrick O. Hatchett - Asistente del Oficial de
Autenticaciones. Departamento de Estado**

EN ESPAÑOL: La legalización de la firma y cargo anterior por parte del Consulado de Colombia en Washington, D.C. de fecha 14 de agosto de 2000, bajo el No. 2092.
--

74

APARATO PROTECTOR PARA USO JUNTO CON UNA HERRAMIENTA DE POZO

REIVINDICACIONES:

1. Un aparato protector para uso junto con una herramienta de pozo; la herramienta tiene un medio de soporte longitudinal y al menos una bobina montada allí; la bobina es adaptada para transmitir o recibir energía electromagnética incluidos componentes de campo azimutales, axiales o radiales, el aparato comprende:

una estructura ahuecada que rodea coaxialmente la bobina; la estructura es hecha de un material eléctricamente conductor y tiene al menos una ranura inclinada; cada una de las ranuras inclinadas están inclinadas a un ángulo con respecto al eje longitudinal del medio de soporte para proveer atenuación selectiva de al menos uno de los componentes de campo a medida que el componente interactúa con el protector.

2. El aparato protector de la reivindicación 1, en donde al menos una ranura es inclinada de modo que quede perpendicular a la bobina en el punto de intersección de la ranura y de la bobina.

3. El aparato protector de la reivindicación 1, en donde al menos una ranura es inclinada de modo que la ranura quede centrada sobre la bobina en el punto de intersección de la ranura y la bobina.

4. El aparato protector de la reivindicación 1, en donde al menos una ranura es inclinada a un ángulo de modo que al menos un componente de campo de la energía electromagnética transmitida o recibida pueda pasar por el protector con atenuación mínima.

5. El aparato protector de la reivindicación 1, en donde al menos una ranura es inclinada a un ángulo de modo que un componente de campo magnético axial y

25

azimutal de la energía electromagnética transmitida o recibida pueda pasar por el protector con atenuación mínima.

6. El aparato protector de la reivindicación 1, en donde al menos una ranura es inclinada a un ángulo de modo que el componente de campo eléctrico azimutal de la energía electromagnética transmitida o recibida pueda pasar por el protector con atenuación mínima mientras que el componente de campo eléctrico axial o radial es atenuado para restringir su paso por el protector.

7. El aparato protector de la reivindicación 1, en donde al menos una ranura inclinada es llenada con un material disipativo.

8. El aparato protector de la reivindicación 1, que además comprende un elemento conductor conectado entre los lados de al menos una ranura inclinada.

9. El aparato protector de la reivindicación 1, donde la estructura comprende además al menos una ranura longitudinal colocada allí, y cada ranura longitudinal es alineada con el eje longitudinal del medio de soporte.

10. El aparato protector de la reivindicación 9, en donde al menos una ranura longitudinal es llenada con un material disipativo.

11. El aparato protector de la reivindicación 9, que además comprende un elemento conductor conectado entre los lados de al menos una ranura longitudinal.

12. El aparato protector de la reivindicación 1, en donde la estructura comprende múltiples ranuras inclinadas colocadas allí; cada ranura es inclinada a un ángulo con respecto al eje longitudinal del medio de soporte.

13. El aparato protector de la reivindicación 12, en donde cada ranura tiene un ángulo de inclinación igual con respecto al eje longitudinal del medio de soporte.

14. El aparato protector de la reivindicación 12, en donde las múltiples ranuras inclinadas son espaciadas de manera asimétrica en la estructura.

15. El aparato protector de la reivindicación 12, en donde las múltiples ranuras inclinadas son espaciadas de modo simétrico en la estructura.

16. El aparato protector de la reivindicación 12, en donde las múltiples ranuras inclinadas son orientadas de modo asimétrico en la estructura.

17. El aparato protector de la reivindicación 12 cuya estructura comprende además múltiples ranuras longitudinales colocadas allí; cada ranura longitudinal es alineada con el eje longitudinal del eje de soporte.

18. El aparato protector de la reivindicación 17, en donde las múltiples ranuras longitudinales son espaciadas de modo asimétrico en la estructura.

19. El aparato protector de la reivindicación 17, en donde las múltiples ranuras longitudinales son espaciadas de modo simétrico en la estructura.

20. El aparato protector de la reivindicación 17, en donde las múltiples ranuras inclinadas o las múltiples ranuras longitudinales tienen longitudes variadas a lo largo de la estructura.

21. Un aparato protector para uso junto con una herramienta de pozo; la herramienta tiene un medio de soporte longitudinal y al menos una bobina montada allí; la bobina es adaptada para transmitir o recibir energía electromagnética incluyendo componentes de campo azimutales, axiales o radiales; el aparato comprende:

una banda flexible adaptada para rodear la bobina; la banda es hecha de un material no conductor;

al menos un elemento conductor colocado en la banda; el elemento es configurado para formar un bucle abierto alrededor de la bobina cuando la banda rodea la bobina;

medio de conmutación conectado al menos a un elemento conductor; el medio conductor es operable para proveer cierre selectivo del bucle abierto para formar un bucle cerrado; y

con lo cual, el bucle cerrado provee atenuación selectiva de al menos uno de los componentes de campo a medida que el componente interactúa con el protector.

22. El aparato protector de la reivindicación 21, en donde al menos un elemento conductor es colocado en la banda de modo que el elemento quede centrado sobre la bobina cuando la banda rodea la bobina.

23. El aparato protector de la reivindicación 21, en donde al menos un elemento conductor es colocado en la banda de modo que el elemento quede perpendicular al a la bobina cuando la banda rodea la bobina.

24. El aparato protector de la reivindicación 21, en donde la banda comprende múltiples elementos conductores colocados allí.

25. El aparato protector de la reivindicación 21, en donde al menos un elemento conductor es colocado en la banda de modo que el elemento sea inclinado a un ángulo con respecto al eje longitudinal del medio de soporte cuando la banda rodea la bobina.

26. El aparato protector de la reivindicación 25, en donde al menos un elemento conductor es inclinado a un ángulo de modo que al menos un componente de campo de la energía electromagnética transmitida o recibida pueda pasar por la banda con atenuación mínima cuando la banda rodea la bobina.

27. El aparato protector de la reivindicación 25, en donde al menos un elemento conductor es inclinado a un ángulo de modo que un componente de campo magnético axial y azimutal combinado de la energía electromagnética transmitida o recibida pueda pasar por la banda con atenuación mínima cuando la banda rodea la bobina.

28

28. El aparato protector de la reivindicación 25, en donde al menos un elemento conductor es inclinado a un ángulo de modo que el componente de campo eléctrico azimutal de la energía electromagnética transmitida o recibida pueda pasar por la banda con atenuación mínima, mientras que el componente de campo eléctrico axial o radial es atenuado para restringir su paso por la banda cuando la banda rodea la bobina.

29. El aparato protector de la reivindicación 21, en el cual la banda comprende además al menos un elemento conductor colocado allí de modo que elemento sea alineado con el eje longitudinal del medio de soporte cuando la banda rodea la bobina.

30. El aparato protector de la reivindicación 21, en donde la banda comprende múltiples elementos conductores colocados allí de modo que cada elemento sea inclinado a un ángulo con respecto al eje longitudinal del medio de soporte cuando la banda rodea la bobina.

31. El aparato protector de la reivindicación 30, en donde cada elemento tiene un ángulo de inclinación igual con respecto al eje longitudinal del medio de soporte cuando la banda rodea la bobina.

32. El aparato protector de la reivindicación 30, en donde los múltiples elementos inclinados son espaciados de modo asimétrico en la banda.

33. El aparato protector de la reivindicación 30, en donde los múltiples elementos inclinados son espaciados de modo simétrico en la banda.

34. El aparato protector de la reivindicación 30, en donde los múltiples elementos inclinados son espaciados de modo asimétrico en la banda.

35. El aparato de la reivindicación 21 en el cual la banda comprende además múltiples elementos conductores de modo que cada elemento sea alineado con el eje longitudinal del medio de soporte cuando la banda rodea la bobina.

36. El aparato protector de la reivindicación 35, en donde los múltiples elementos longitudinales son espaciados de modo asimétrico en la banda.

37. El aparato protector de la reivindicación 35, en donde los múltiples elementos longitudinales son espaciados de modo simétrico en la banda.

38. Un método para rotar el eje del dipolo magnético de una bobina transmisora o receptora; la bobina es adaptada para transmitir o recibir energía electromagnética incluyendo componentes de campo azimutales, axiales o radiales, que consiste en:

Rodea la bobina con un protector; el protector tiene al menos una ranura inclinada o un elemento conductor inclinado; cada una de al menos una ranura inclinada o elemento conductor inclinado es inclinado a un ángulo con respecto al eje de la bobina con el fin de proveer atenuación selectiva de al menos un componente de campo de energía electromagnética a medida que el componente interactúa con el protector.

39. El método de la reivindicación 38 que además consiste en sobreponer múltiples protectores alrededor de la bobina; cada protector tiene al menos una ranura o un elemento conductor.

40. Un método para enrollar y proteger una bobina eléctrica, mediante el cual la bobina emite o recibe componentes de campo seleccionados de energía electromagnética, que consiste en:

- a) enrollar un primer hilo conductor alrededor de un medio de soporte no conductor de modo que cada giro del enrollado no quede perpendicular al eje longitudinal del medio de soporte;
- b) avanzar el primer hilo alrededor de la estructura para formar al menos una capa de enrollados; y

- c) envolver los enrollados con una banda flexible adaptada para proveer atenuación selectiva de los componentes de campo de energía electromagnética emitida o recibida.

41. El método de la reivindicación 40, en donde un segundo hilo conductor es enrollado alrededor del medio de soporte no conductor de modo que las vueltas del enrollado no queden ni perpendicularmente al eje longitudinal del medio de soporte ni paralelas a las vueltas del primer hilo, y avanzar el segundo hilo alrededor del medio de soporte para formar al menos una capa de enrollados.

42. El método de la reivindicación 41, que además consiste en envolver los enrollados del segundo hilo con una banda flexible adaptada para proveer atenuación selectiva de la energía electromagnética emitida o recibida.

43. El método de la reivindicación 41, en donde un tercer hilo conductor es enrollado alrededor del medio de soporte no conductor de modo que las vueltas del enrollado no queden ni perpendicularmente al eje longitudinal del medio de soporte ni paralelas a las vueltas del primero o segundo hilo, y avanzar el tercer hilo alrededor del medio de soporte para formar al menos una capa de enrollados.

44. El método de la reivindicación 43, que además consiste en envolver los enrollados del tercer hilo con una banda flexible adaptada para proveer atenuación selectiva de la energía electromagnética emitida o recibida.

Folios 83 y 84
tarjetas
26-12-2000

87
82

RC

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO

REQUISITOS MINIMOS PARA AD

Radicación: 00000951 00000000

Folios: 26

Fecha (R2): 2000-11-20 16:10:53

Trámite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 411 PRESENTE

Recepción: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

PATENTE DE INVENCION [X]

- Nombre e identificación del Solicitante []
- Nombre e identificación del Inventor []
- Título o nombre de la Invención []
- Descripción []
- Reivindicaciones []
- Resumen []
- Comprobante de Pago []
- Poder, cuando proceda []
- Copia de la primera solicitud de patente, si reivindica prioridad, señalándola expresamente []
- Firma del solicitante o apoderado []

COMPLETA [X]

INCOMPLETA []

DISEÑO INDUSTRIAL []

- Nombre e identificación del peticionario []
- Nombre e identificación del inventor o diseñador []
- Indicación del género de productos para los cuales debe utilizarse []
- Representación gráfica []
- Comprobante de pago []
- Poder, cuando proceda []
- Firma del solicitante o apoderado []

COMPLETA []

INCOMPLETA []


Firma Responsable

Fecha: _____

Carrera 13 No. 27-00 Piso 5 y 10
Conmutador: 334 12 21-2-3-4
Fax: 261 31 25 e-mail: info@sic.gov.co
Santa Fe de Bogotá D.C. - Colombia

INFORME DE PROTOCOLO

Expediente 00-90951.

Fecha: 30 de Noviembre del 2000.

Se certifica que:

Desde fecha 4 de Septiembre de 1997,
del folio 92984 al folio 92990 del
libro de Protocolo N° 320, obra el poder
N° 17726 conferido por SCHLUMBERGER
HOLDINGS LIMITED

domiciliado(a) en Tortola, Islas Virgenes
Británicas

_____ al doctor German
Castillo Grau y/o Adriana Castillo Gibsone y/o
Luis Felipe Castillo Gibsone

Representante en Santafé de Bogotá D.C. los
mismos

Facultad para desistir Si.

Revisado 202022.



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO PERINTENDENCIA

2020
Bogotá, D.C.

Doctor
GERMAN CASTILLO GRAU
Apoderado

REFERENCIA:	Radicación No.	00090951
	Trámite	002
	Evento	001
	Actuación	430
	Oficio No.	0308
	Folios	001

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le comunica que:

- Debe adjuntar arte final de la figura característica en papel fotográfico o papel mantequilla en tamaño 12 X 12 cm, por duplicado.

- Debe allegar copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente otorgado por el inventor al solicitante o a su causante (art. 28-k, Dec 486/2000).

En cumplimiento del artículo 39 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le requiere para que dentro del término de dos (2) meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el artículo 8 de la Resolución Reglamentaria No. 210 del 15 de enero del 2001.


ALIX CARMENZA CÉSPEDES DE VERGEL
Jefe de la División de Nuevas Creaciones

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de fecha 15 FEB. 2001.

202022

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 5 y 10
Conmutador: 334 12 21
Fax: 281 31 25
Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia