



REPÚBLICA ARGENTINA  
PODER EJECUTIVO NACIONAL  
MINISTERIO DE PRODUCCIÓN

INSTITUTO NACIONAL de la PROPIEDAD INDUSTRIAL

# TÍTULO DE PATENTE DE INVENCIÓN

AR108176B1

LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE PATENTES, CONFORME LO RESUELTO EN EL EXPEDIENTE RESPECTIVO Y EN VIRTUD DE LO DISPUESTO POR LA LEY 24.481 (T.O.1996), Y SU DECRETO REGLAMENTARIO (DECRETO 260/96, ANEXO II), EXTIENDE EN NOMBRE DE LA NACIÓN ARGENTINA EL PRESENTE TÍTULO A COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA; CONICET CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS. INVENTOR / ES SIRENA, MARTÍN; NEÑER, LUCAS.

QUE ACREDITA LA CONCESIÓN DE PATENTE DE INVENCIÓN SOBRE: PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE SISTEMAS MULTIFERROICOS COMPUESTOS, Y DISPOSITIVO MEM RESISTIVO (MEM RES) OBTENIDO.

CUYA DOCUMENTACIÓN ANEXA ES COPIA FIEL DE LA DEPOSITADA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL CONFORME A LO ESTABLECIDO EN EL ART. 35 DE LA LEY 24.481 (DECRETO 260/96 - ANEXO I), EL TÉRMINO POR EL QUE SE ACUERDA LA PATENTE ES POR VEINTE AÑOS IMPRORROGABLES CONTADOS A PARTIR DE LA PRESENTACIÓN DE LA SOLICITUD, POR LO CUAL EXPIRARÁ EL DÍA: 5 DE ABRIL DE 2037.

BUENOS AIRES, 30 DE JUNIO DE 2021.



Patentes de Invención  
Modelos de Utilidad



Marcas



Modelos y Diseños  
Industriales



Transferencia de  
Tecnología



Información  
Tecnológica

Memoria Descriptiva  
de la  
Patente de Invención

**Sobre:**

PROCESO PARA LA FABRICACION DE SISTEMAS MULTIFERROICOS COMPUESTOS, Y  
DISPOSITIVO MEM RESISTIVO (MEM RES) OBTENIDO

**Solicitada por:**

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. (CONICET)  
Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

**Inventores:**

**Martín SIRENA, Lucas ÑEÑER**

**Domicilio:**

GODOY CRUZ 2290 CP1425, Gerencia de Vinculación Tecnológica; CABA.

Por el plazo de: **20** años

PROCESO PARA LA FABRICACION DE SISTEMAS MULTIFERROICOS  
COMPUESTOS, Y DISPOSITIVO MEM RESISTIVO (MEM RES) OBTENIDO

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un proceso para la fabricación de sistemas nanoestructurados de carácter multiferroico compuesto y su utilización para el desarrollo de sistemas memristivos o memristores (MEMRIS).

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los MEMRIS tienen numerosas aplicaciones industriales, principalmente en la industria de la informática, con su posibilidad de almacenar y leer información de manera ultra rápida (desarrollo de memorias FRAM, por sus siglas en inglés *Ferroelectric Random Access Memories*). Sin embargo, la posibilidad de mayor impacto sería su posible utilización para la fabricación de redes neuronales de estado sólido. Los MEMRIS con su capacidad de mantener la información sin potencia aplicada (dispositivo no volátil) y autoregular su estado, constituye el equivalente artificial de una sinapsis neuronal, presentando las mismas operaciones lógicas y capacidad de memoria. Las sinapsis son las conexiones entre las neuronas del cerebro. Esa conexión se hace más fuerte cuanto más veces es utilizada. Como las sinapsis, los MEMRIS aprenden de los impulsos anteriores, impulsos que provienen de circuitos electrónicos que conectan. Se demostró en Febrero del 2012, que MEMRIS pueden imitar las sinapsis más eficientemente que la tecnología tradicional CMOS y pueden ser el

componente fundamental para la elaboración de circuitos capaces de “aprender” y una nueva electrónica de arquitectura en paralelo, tipo neuro-mórfica. De manera adicional, su alta resistencia a grandes variaciones de temperatura y a vibraciones mecánicas, las hacen excelentes candidatas para su aplicación en sectores industriales de alta complejidad, como la industria aeroespacial, por ejemplo.

A los fines prácticos de interpretación el término MEMRISTOR empleado en la presente descripción hace referencia a la contracción de las palabras MEMORIA y RESISTOR. Los MEMRIS son un elemento de circuito pasivo de dos terminales cuya resistencia depende de la corriente que haya circulado por el mismo anteriormente. Fue postulado matemáticamente por Leon Chua en 1971, como el cuarto elemento de circuito fundamental, siendo los 3 primeros las resistencias, los capacitores y los inductores [ver Chua Leon O., MEMRISTOR The missing circuit element, IEEE Transactions on circuit theory, Vol CT-18, Pag. 507, 1971]. La implementación a nivel laboratorio de un sistema memristivo de estado sólido tardó cerca de 40 años, científicos de HP desarrollaron el primer memristor basado en el movimiento de iones de oxígeno en films de  $TiO_{2-x}$  [ver Patente “Electrically actuated switch”, Hewlett Packard Company, Appl. No.: 11/542986, Estados Unidos, (2006)]. El comportamiento de este dispositivo es extremadamente prometedor dando velocidades de acceso del orden del nanosegundo y tamaños reducido. Sin embargo, su funcionamiento está basado en la creación de un estado inestable desbalanceado de cargas iónicas en el sistema (vacancias de oxígeno), el sistema funciona por un tiempo como un “capacitor químico” hasta que su utilización repetida terminara por balancear las cargas. Hasta la fecha no han logrado un dispositivo comercialmente viable.

El desarrollo en las últimas décadas de las técnicas de litografía ha hecho posible la fabricación de nanoestructuras de manera simple y confiable dando lugar a

numerosos avances en el área de la nanotecnología. Desde el 2008 han surgido a nivel laboratorio diferentes sistemas de carácter memristivos, tales como nanotubos de carbón y sistemas espintrónicos, propuestos inicialmente por científicos de Seagate Technology [ver Wang, X.; Chen, Y.; Xi, H.; Dimitrov, D., "Spintronic Memristor through Spin Torque Induced Magnetization Motion", IEEE Electron Device Letters **30** (3), 294–297, (2009)] estos sistemas están basados en la interacción del espín de los electrones y en general requieren una alta densidad de corriente y su elaboración es muy compleja.

Existen también memristores basados en materiales ferroeléctricos ultra delgados crecidos entre dos electrodos metálicos, estos dispositivos permiten variar la resistencia del sistema en dos órdenes de magnitud entre los estados ONN y OFF y están basados en el paso de los portadores de carga por efecto túnel a través de la barrera ferroeléctrica (*tunneling electro resistance* en inglés) [ver Chanthbouala, A.; et al., "A ferroelectric memristor", Nature Materials **11** (10), 860–864, (2012)]. Sin embargo el crecimiento y control de capas ultradelgadas de estos materiales resulta difícil, en particular el conseguir los pequeños espesores necesarios para el efecto túnel, sin la presencia de huecos (*pinholes*) en la barrera que terminan produciendo un cortocircuito entre los electrodos.

También se conocen las Patentes **US 2009/0317958** (Tang y otros) y **US 2011/0248381** (Tong y otros) Está basado en el movimiento de iones de oxígeno en films de  $\text{TiO}_2\text{-x}$ , su funcionamiento está basado en la creación de un estado inestable desbalanceado de cargas iónicas en el sistema (vacancias de oxígeno), el sistema funciona por un tiempo como un “capacitor químico” hasta que su utilización repetida terminara por balancear las cargas. La primera patente incorpora los iones en la zona activa por medio de un acelerador / implantador, y no está limitado al oxígeno. La segunda patente simplemente presenta un proceso de fabricación optimizado donde la

zona activa está compuesta por dos partes. El proceso objeto de la presente invención es totalmente diferente ya que el principio actuante es otro, se utiliza un sistema ferroeléctrico para modificar la resistencia en una zona activa.

Con relación a la Patente **US 2011/0017977** (Bratkovski y otros): Está  
5 basada en lo que se llama resistive swithching element, un elemento que cambia la resistencia cuando se le aplica una tensión, de manera similar a las descritas anteriormente, la diferencia en esta patente por lo que se puede apreciar está en la optimización del proceso de fabricación (que resulta también en un proceso más complejo) por el cual se canaliza el campo eléctrico generado por los electrodos para  
10 promover el “swithching” el cambio de estado del elemento resistivo. La zona activa está compuesta por materiales típicos de este tipo de sistemas, también conocidos como conductores iónicos: “The primary active material can be composed of an oxide, and *the second active region can be composed of a material that forms anion vacancies*. The active region 102 can be composed of oxides that contain one or more (mobile) oxygen  
15 atom (“O”) and one or more other element. In particular, the active region 102 can be composed of titania (“TiO2”), zirconia (“ZrO2”), or hafnia (“HfO2”).”

A diferencia del objeto de la presente invención, en el mismo no hay necesariamente un cambio de resistencia en el elemento aislante sino que se cambia el estado de polarización eléctrica, lo que modifica la resistencia de la zona activa.

20 Sobre la Patente **US 2014/0097398** (Cho y otros), la misma implica una optimización del proceso de fabricación de un memristor basado en el cambio de estado resistivo de una juntura. El estado de la juntura se cambia aplicando una tensión mayor que la que se utiliza para leer la juntura.

En el objeto de la presente invención, se aplica una tensión en el material  
25 ferroeléctrico para modificar la polarización del mismo y esto modifica la resistencia de

la zona activa (que es una capa delgada en contacto con el materia ferroeléctrico. En ningún momento se aplica una tensión en la zona activa para modificar su resistencia.

### RESUMEN DE LA INVENCION

5 Es entonces un objeto de la presente invención proveer un proceso para el depósito de películas delgadas ferromagnéticas y ferroeléctricas, así como la utilización de técnicas de litografía para la fabricación de un sistema cuya resistencia eléctrica dependa de las mediciones y los estados anteriores aplicados al dispositivo.

Es también un objeto de la presente invención proveer la fabricación de un  
10 sistema memristivo compuesto esencialmente de una capa sensora, típicamente un material ferromagnético o superconductor sensible a la polarización eléctrica y una capa ferroeléctrica crecida sobre la primera. Las técnicas de microfabricación involucradas son extremadamente simples y los espesores de las capas son lo suficientemente importantes como para eliminar los problemas que presentan los dispositivos  
15 mencionados anteriormente, facilitando y simplificando el proceso de fabricación.

Es por lo tanto un objeto de la presente invención proveer un proceso para la fabricación de sistemas multiferroicos compuestos, que comprende los pasos de:

- a) depositar al menos una capa inferior de un material ferromagnético sobre al menos un sustrato inerte,
- 20 b) realizar al menos un circuito mesa mediante técnicas de litografía,
- c) depositar al menos una capa ferroeléctrica sobre dicha capa inferior ferromagnética, y
- d) aplicar al menos un electrodo sobre dicha estructura.

### 25 DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Para mayor claridad y comprensión del objeto de la presente invención, se lo ha ilustrado en varias figuras, en las que se ha representado el mismo en una de las formas preferidas de realización, todo a título de ejemplo, en donde:

Figura 1A, 1B y 1C: Esquema del proceso de fabricación del dispositivo mostrando los pasos sucesivos. (1 A) la conformación del circuito mesa formado por la capa sensor, luego de ser crecida sobre un sustrato y haberse realizado el proceso de litografía. (1 B) Depósito del material ferroeléctrico (FE) sobre el circuito mesa. (1C) Depósito y confinamiento del electrodo metálico superior.

Figuras 2A – 2E: Esquemas del funcionamiento del dispositivo. 2A Estado inicial (demostrativo) del mismo sin tensión aplicada. 2B Inicio del proceso de reordenamiento de los dominios ferroeléctricos al superar la tensión de inversión de los mismos,  $V_c$ . 2C Esquema de evolución del proceso de inversión de los dominios ferroeléctricos al incrementar la corriente en el dispositivo. 2D Esquema del proceso de reversión de los dominios ferroeléctricos para tensiones negativas, revirtiendo el proceso producido anteriormente. 2E. Esquema de la reversión en la orientación de los dominios ferroeléctricos al seguir incrementando la corriente en el sentido inverso.

Figura 3: Esquema demostrativo de la respuesta tensión-corriente del dispositivo. Zona A, la tensión de polarización es inferior a la tensión requerida para invertir la orientación de los dominios ferroeléctricos ( $V_c$ ). Zona B, se incrementa la corriente y la tensión de polarización supera  $V_c$  y comienza el proceso de inversión de los dominios ferroeléctricos (FE). Zona C y D: Se reduce y se invierte la corriente en el dispositivo y la tensión de polarización, hasta alcanzar la tensión necesaria para reorientar los dominios FE ( $-V_c$ ). Zona E: Se incrementa la corriente circulando en el sentido inverso, incrementando la reversión de los dominios FE. Zona F: Se reduce la corriente, reduciendo la tensión de polarización.

## DESCRIPCION DETALLADA DEL EJEMPLO DE REALIZACION

El objeto de la presente invención proporciona un método o proceso de fabricación mediante el depósito por medios físicos (como la técnica de pulverización catódica (*sputtering*) o deposición pulsada por laser (*PLD*)) o químicos de una heteroestructura formada por dos capas. Una primera capa sensora, que puede estar compuesta por cualquier material cuya resistencia ( $R$ ) cambie de manera no par frente a la presencia de la polarización eléctrica del ferroeléctrico ( $P$ ), es decir que  $R(P) \neq R(-P)$ . Estos sistemas pueden ser, aunque no están limitados a materiales superconductores y los óxidos ferromagnéticos. El espesor de la capa sensor se encuentra típicamente entre los 5 nm y 10 nm, de manera de maximizar la influencia de las cargas y el campo eléctrico generado por el material ferroeléctrico. Las dimensiones del micro-canal están determinadas por la necesidad de producir a lo largo de mismo la caída de tensión necesaria para manipular la polarización del material ferroeléctrico, típicamente entre 5 y 10V. Posteriormente, mediante litografía óptica y la utilización de un comido iónico o químico de la capa depositada se forman el micro canal y los conectores que permiten la medición de la resistencia de la capa depositada a cuatro puntas (circuito mesa). En una segunda etapa se crece sobre el circuito una capa de un material ferroeléctrico (FE) con la polarización eléctrica en la dirección perpendicular a la superficie de la muestra, tales como  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3$ , etc. Típicamente, el espesor de esta capa es de 30 nm a 60 nm. Finalmente se deposita una capa metálica de oro o plata que sirve como electrodo superior de la estructura y mediante litografía óptica y un proceso de comido se confina el electrodo de manera de limitar su área a la zona de trabajo sobre el circuito mesa inferior. Esto permite reducir la probabilidad de la existencia de huecos en el dispositivo

reduciendo la necesidad de crecer capas extremadamente gruesas del material ferroeléctrico.

El aspecto fundamental de la invención se refiere a la fabricación de este sistema como dispositivo memristivo para su utilización en distintas aplicaciones tecnológicas. Para ello se realiza la conexión del circuito mesa a una fuente de corriente y el estado o resistencia del sensor se puede acceder por dos caminos que permiten medir la caída de tensión en el mismo. Posteriormente se conecta uno de los terminales de corriente, junto con el electrodo superior metálico, a tierra. Al circular la corriente en el micro-canal se produce una caída de tensión respecto a la tierra (electrodo superior). A medida que se incrementa la corriente la tensión de polarización ( $V_p$ ) supera la tensión necesaria para invertir los dominios ferroeléctricos ( $V_c = E_c / d$ , donde  $E_c$  es el campo coercitivo eléctrico necesario para invertir la orientación de la polarización del material FE y  $d$  es el espesor del mismo). A medida que se incrementa la corriente, aumenta el número de dominios FE que se invierten, modificando la resistencia del sensor. Al disminuir la corriente en el canal la configuración en la capa ferroeléctrica se preserva, manteniendo el valor de resistencia en el circuito mesa a corriente nula. Al invertir la corriente en el mismo y superar nuevamente la tensión necesaria para revertir los dominios FE en la dirección opuesta, el valor de la resistencia del sensor se revierte.

La primera fase del proceso comprende fabricar un sistema básico de bicapas, con el agregado de un electrodo superior metálico como el esquematizado en la figura 1. Consta de una bicapa 2-3 que se deposita sobre un sustrato cristalino 1, formada por una capa 2, sensible a la polarización eléctrica del ferroeléctrico (FE) 3.

Para fabricar la bicapa 2-3, sobre un sustrato monocristalino ( $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{MgO}$  o safiro, etc.) 1 se deposita por medios físicos, como *sputtering*, deposición por pulsos de láser o métodos químicos, una capa 2 de un óxido ferromagnético o material super-

conductor de alta temperatura crítica como  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  o metálico como Nb con espesores típicos entre 5 y 10 nm. Esta capa 2 compone el electrodo inferior del memristor (MEMRIS) y es la capa sensible a la polarización del material ferroeléctrico 3. Posteriormente se realiza mediante técnicas tradicionales de litografía la delimitación del circuito mesa con la forma detallada en la figura 1A. A continuación se deposita por métodos físicos o químicos la capa ferroeléctrica 3, típicamente de 30 a 60 nm, sobre el circuito mesa, cubriéndolo totalmente. La capa FE 3, realiza un revestimiento aislante del circuito, al mismo tiempo que provee la polarización eléctrica necesaria para modificar la resistencia del circuito mesa 2. Finalmente se deposita por evaporación o métodos físicos una capa de metálica 4, que puede ser de oro o plata, con un espesor típico de 30 a 50nm. Mediante técnicas tradicionales de litografía óptica se delimita el área del capa superior 4 para conformar el electrodo superior. Esto puede realizarse mediante técnicas de liff-off y deposito del material o mediante el depósito de material y la posterior remoción por comido iónico o químico.

Finalmente se realizan los contactos eléctricos en el dispositivo, conectando los terminales de la fuente de corriente y de tensión (en caso de ser necesario acceder al estado del dispositivo) como se indica en la figura 1C. Para poder acceder al circuito mesa 2 una vez recubierto por la capa FE 3, se utiliza un elemento punzante como un lápiz con punta de diamante para erosionar la superficie del terminal y poder realizar el contacto eléctrico utilizando pintura de plata. De manera adicional se puede realizar un depósito de oro o plata una vez realizado la abrasión para mejorar el contacto eléctrico. De esta manera se coloca uno de los terminales  $I^+$  de la fuente de corriente (no se indica en la figura) en el pad correspondiente al contacto eléctrico ( $I^+$ ) (Figura 1C) y el otro terminal en el contacto de pintura de plata conectado con el terminal correspondiente a  $I^-$ . La corriente circula entonces a lo largo del canal del circuito mesa, produciendo una

caída de tensión que puede ser medida mediante los contactos  $V_+$  y  $V_-$  indicados en la figura 1C. Si se conectan el electrodo superior 4 y el pad correspondiente a I- a tierra, el dispositivo presenta un comportamiento memristivo. La corriente circulando en el micro-canal produce una caída de potencial a lo largo del mismo que al superar la  
5 tensión necesaria para invertir los dominios FE ( $V_c$ ) en la capa 3 modifica la resistencia del circuito mesa (Figura 2). El estado resistivo del dispositivo es no volátil ya que guarda su configuración sin necesidad de tener una potencia aplicada (como es necesario para las memorias de alta velocidad basadas en la tecnología actual).

La respuesta Tension-Corriente (curva  $V(I)$ ) (Figura 3) muestra el  
10 comportamiento típico memristivo del dispositivo. El mismo sufre una variación de la resistencia con la corriente aplicada y el cambio producido es no-volatil y reversible. Las curvas  $V(I)$  presentan como características un comportamiento con histéresis, presentando siempre un cruce por cero.

Este tipo de dispositivos se adapta muy bien para ser fabricados en *chips*  
15 para su utilización en redes neuronales de estado sólido y desarrollo de memorias no volátiles.

El proceso tradicional de litografía se describe de manera esquemática a continuación a título complementario. El proceso consiste en recubrir la muestra, a alta velocidad (6.000 a 7.000 RPM), con una fotorresina positiva Posteriormente se hace un  
20 recocido a temperaturas cercanas a  $95^\circ\text{C}$  para endurecer y secar la resina. A continuación se irradia con luz ultravioleta la zona que se quiere remover de la muestra. El resto de la muestra se protege con una máscara (que tiene la forma del circuito mesa Fig 1A.). Se coloca la muestra en el revelador de la resina que disuelve la resina expuesta a la luz UV. La capa 2 queda protegida por la resina en el área del circuito  
25 mesa. Finalmente se ataca la muestra mediante un haz de iones acelerados por un

potencial eléctrico (típicamente de 500V) o mediante un ataque químico a base de ácidos. La zona de la muestra que no está protegida por la resina es removida, mientras que la zona delimitada por la misma permanece. De esta manera el patrón de la máscara es transferido a la muestra. Finalmente la resina se remueve en un baño de acetona.

5

## REIVINDICACIONES

Habiendo así especialmente descrito y determinado la naturaleza de la presente invención y la forma como la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara reivindicar como de propiedad y derecho exclusivo:

- 5                   1. Un proceso para la fabricación de sistemas multiferroicos compuestos, caracterizado porque comprende los pasos de:
- a) depositar al menos una capa inferior de un material ferromagnético sobre al menos un sustrato inerte,
  - b) realizar al menos un circuito mesa mediante técnicas de litografía,
  - 10                   c) depositar al menos una capa ferroeléctrica de BaTiO<sub>3</sub> o BiFeO<sub>3</sub> que posee un espesor de entre 30 y 60nm sobre dicha capa inferior ferromagnética, y
  - d) aplicar al menos un electrodo sobre dicha estructura.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho
- 15   al menos un electrodo es de oro, plata, o lo similar.
3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que comprende el paso de conectar uno de los terminales de corriente y el electrodo superior de manera conjunta a la masa del circuito.
- 20
4. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa ferromagnética posee un espesor de entre 5 y 10nm.
5. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 25   caracterizado porque la capa ferromagnética es una capa de un material cuya resistencia

(R) es sensible a la polarización eléctrica del ferroeléctrico de manera no par, donde se cumple  $R(P) \neq R(-P)$ .

6. El proceso de acuerdo a la reivindicación 5, caracterizado porque la capa  
5 sensible a la polarización posee un espesor de entre 5 y 50nm.

7. Un dispositivo mem resistivo (MEMRIS) obtenido a partir del proceso  
para la fabricación de sistemas multiferroicos compuestos de acuerdo con cualquiera de  
las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque comprende un un sistema básico de  
10 bicapas, con el agregado de un electrodo superior metálico, que consta de una bicapa 2-  
3 que se deposita sobre un sustrato monocristalino 1, formada por una capa 2, sensible a  
la polarización eléctrica del ferroeléctrico (FE), donde el sustrato monocristalino  
comprende  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{MgO}$  o safiro; donde la capa 2 está hecha de un óxido  
ferromagnético o material superconductor de alta temperatura crítica como  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$   
15 o metálico como Nb con espesores entre 5 y 10 nm; esta capa 2 compone el electrodo  
inferior del memristor (MEMRIS) y es la capa sensible a la polarización del material  
ferroeléctrico 3, con el circuito mesa delimitado, sobre el mismo se encuentra  
depositada la capa ferroeléctrica 3, con un espesor de 30 a 60 nm, cubriéndolo  
totalmente y sobre la cual se encuentra depositada por evaporación o métodos físicos  
20 una capa de metálica 4, de oro o plata, con un espesor de 30 a 50nm, dicha capa superior  
4 posee el área delimitada para conformar el electrodo superior y finalmente el  
dispositivo presenta contactos eléctricos que conectan los terminales de la fuente de  
corriente y de tensión.

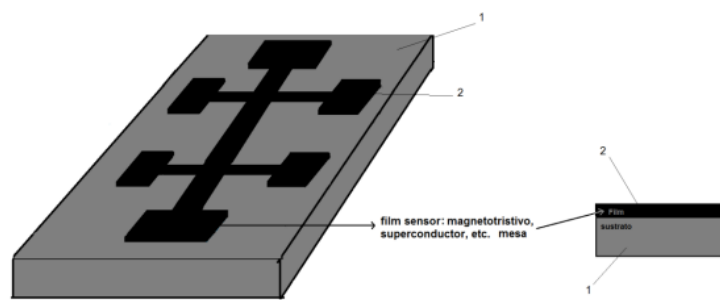


Fig. 1 A

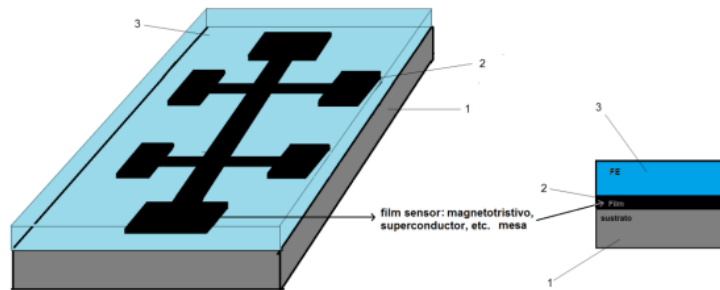


Fig. 1 B

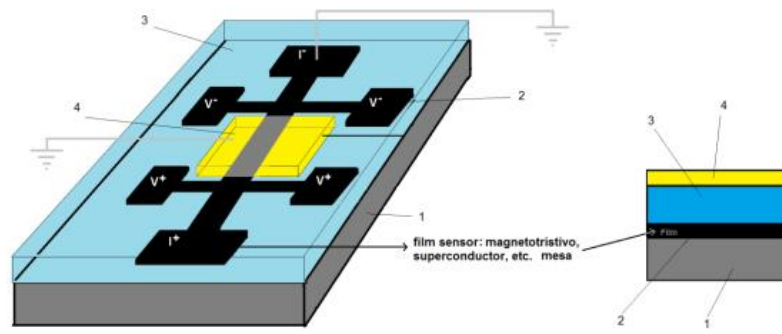


Fig. 1 C

5

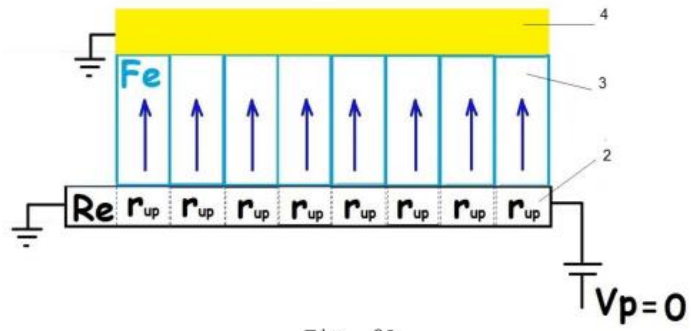


Fig. 2 A

10

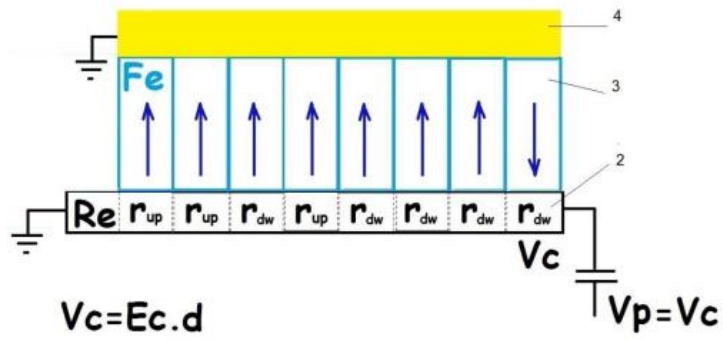


Fig. 2 B

15

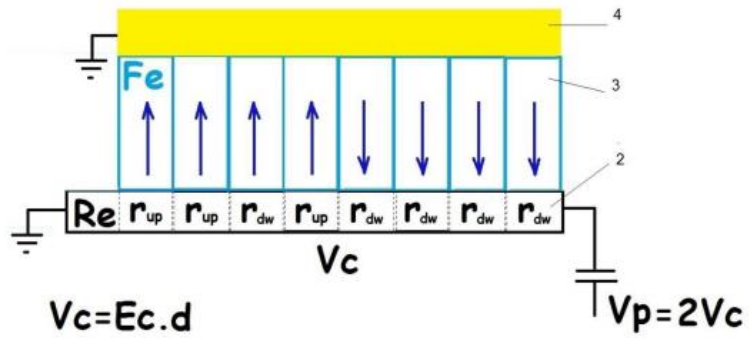


Fig. 2 C

20

25

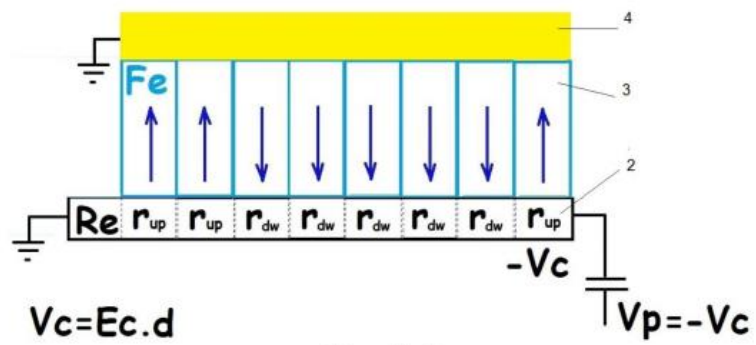


Fig. 2 D

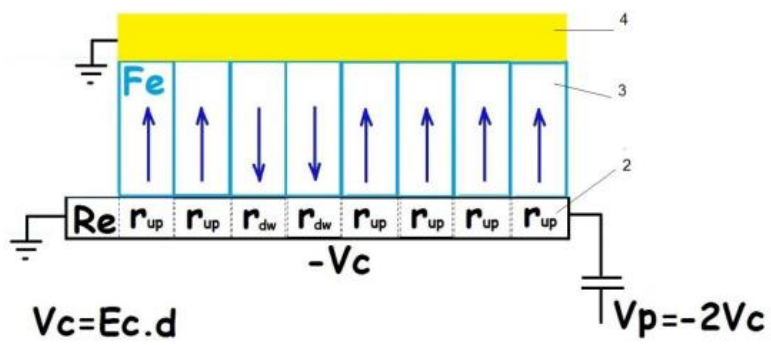


Fig. 2 E

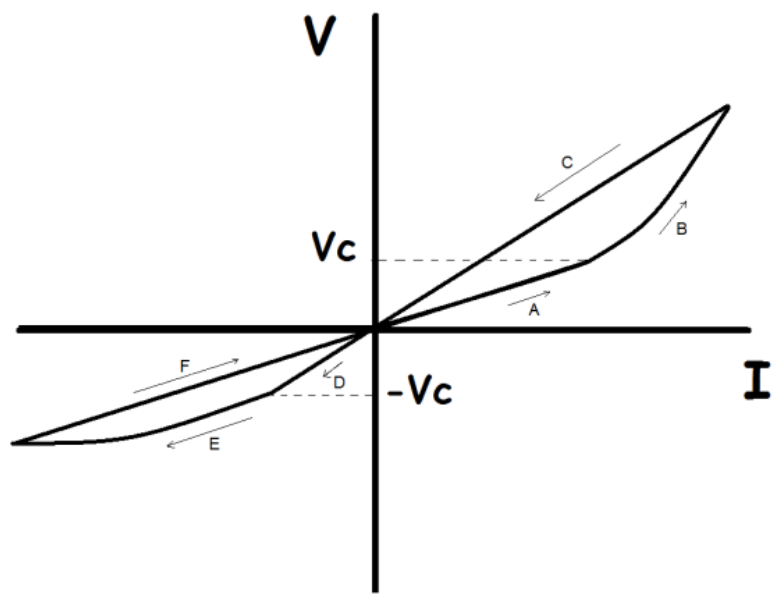


Fig. 3



REPÚBLICA ARGENTINA

(10) PATENTE DE INVENCION

(11) RESOLUCION NUMERO: AR108176B1

(--) DISPOSICION GDE NUMERO: DI-2021-177-APN-ANP#INPI

(24) FECHA DE RESOLUCION: 30/06/2021

(--) FECHA DE VENCIMIENTO: 05/04/2037

(21) ACTA NUMERO: P20170100870

(22) FECHA PRESENTACION:05/04/2017

(51) INT.CL.7 : H01L45/00

(30) PRIORIDAD CONVENIO DE PARIS

(54) TITULO :PROCESO PARA LA FABRICACION DE SISTEMAS MULTIFERROICOS COMPUESTOS, Y DISPOSITIVO MEM RESISTIVO (MEM RES) OBTENIDO.

(71) TITULAR :

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
CONICET CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS

---- CON RESIDENCIA EN :

AV. DEL LIBERTADOR 8250 C.A.B.A., Provincia de Buenos Aires (1429), País AR  
GODOY CRUZ 2290 C.A.B.A., Provincia de Buenos Aires (1425), País AR

(74) AGENTE :3643